

MEMORIA de TRABAJO FIN de MÁSTER

## **SERVICIOS DE ATENCIÓN E INFORMACIÓN AL VISITANTE**

PALACIO REAL de MADRID

José Ángel Ruiz Arranz

**Tutores:**

Luis Ramón-Laca Menéndez de Luarca  
Santiago de Molina Rodríguez  
ITINERARIO DE PATRIMONIO  
ESCUELA DE ARQUITECTURA  
ALCALÁ DE HENARES

# Índice

1.	Resumen.....	4
2.	Información previa.....	5
2.1.	Madrid – Evolución histórica.....	6
2.2.	El Palacio real.....	11
3.	Objeto del proyecto .....	15
3.1.	Problema.....	15
3.2.	Propuesta .....	15
4.	Descripción del proyecto .....	17
4.1.	Diseño.....	17
4.2.	Programa y superficies .....	19
5.	Memoria justificativa de los usos.....	20
5.1.	Análisis funcional .....	20
5.2.	Análisis de los usos.....	20
5.2.1.	Salón de Actos.....	20
5.2.2.	Administración y taquillas.....	20
5.2.3.	Cafetería .....	21
5.2.4.	Guardería .....	21
5.2.5.	Tienda.....	21
5.2.6.	Sala de exposiciones .....	21
5.2.7.	Restaurante .....	21
5.2.8.	Circulaciones .....	21
5.2.9.	Exterior.....	22
6.	Comunicaciones y evacuación .....	23
6.1.	Circulaciones y conexiones.....	23
6.2.	Evacuación en caso de incendio.....	23
6.3.	Recorridos de acceso .....	24
7.	Materialidad y Construcción .....	25
7.1.	Cimentación.....	25
7.2.	Estructura.....	26
7.3.	Cerramientos-fachadas.....	27
7.4.	Cubiertas .....	32
7.5.	Compartimentación y revestimientos .....	33
8.	Estructura.....	35
8.1.	Cimentación.....	35
8.2.	Descripción estructura Metálica.....	36
8.2.1.	Normativa. ....	38
8.2.2.	Método de trabajo.....	38



8.3.	Descripción estructura de Hormigón .....	38
8.3.1.	Método de trabajo.....	39
8.3.2.	Dimensionado de pilares.....	39
8.3.3.	Cálculo de vigas.....	40
8.3.4.	Calculo de forjado unidireccional .....	40
9.	Bibliografía.....	43
9.1.	Normas, directivas, decretos y reglamentos.....	43
9.2.	Libros/Monografías .....	43
9.3.	Catálogos.....	43
9.4.	Sitios web .....	43
ANEXO I – CÁLCULOS DE CYPE.....		45
Estructura metálica .....		45
Normas consideradas .....		45
Estados límite.....		45
Situaciones del proyecto .....		45
Estructura de hormigón.....		52



## Índice de Figuras

Figura 1. Fotomontaje exterior. ....	4
Figura 2. Edificios de interés turístico en el entorno del proyecto. ....	5
Figura 3. Madrid Histórico. Musulmán. Siglo X .....	6
Figura 4. Madrid Histórico. Medieval en el Siglo XII (hasta 1200) .....	6
Figura 5. Madrid Histórico. Siglo XVI (hasta 1600) .....	7
Figura 6. Madrid Histórico. Siglo XVII (hasta 1700).....	7
Figura 7. Madrid Histórico. Siglo XIII (hasta 1800).....	8
Figura 8. Plan Bigador (1941) .....	8
Figura 9. Plano de los PAUS de Madrid .....	9
Figura 10. Plano de situación. ....	10
Figura 11. Evolución histórica de la planta del Real Alcázar de Madrid .....	11
Figura 12. Alcázar de Madrid (Dominio público).....	12
Figura 13. Esquema del Palacio.....	12
Figura 14. Fotografía aérea Palacio Real .....	13
Figura 15. Reales Caballerizas.....	14
Figura 16. Jardines de Sabatini .....	14
Figura 17. Fotomontaje desde los jardines de Sabatini.....	16
Figura 18. Esquema de la planta del proyecto. ....	17
Figura 19. Esquema de la silueta del proyecto sobre el palacio.....	17
Figura 20. Alzado norte. ....	18
Figura 21. Planta inferior. ....	19
Figura 22. Análisis funcional de usos. ....	20
Figura 23. Fotomontaje desde la calle Bailén. ....	22
Figura 24. Esquema en planta de circulaciones y conexiones. ....	23
Figura 25. Plano de evacuación. ....	24
Figura 26. Esquema en planta de accesos.....	24
Figura 27. Axonometría del proceso constructivo. ....	25
Figura 28. Fotomontaje forjado HOLEDECK Ho-One .....	26
Figura 29. Detalle nervios forjado HOLEDECK Ho-One .....	27
Figura 30. Sección constructiva forjado HOLEDECK Ho-One .....	27
Figura 31. Sistema de muro cortina tipo Stick R70ST (I) .....	28
Figura 32. Sistema de muro cortina tipo Stick R70ST (II).....	28
Figura 33. Fachada parque minería en Gallarta (I) .....	28
Figura 34. Fachada parque minería en Gallarta (II) .....	28
Figura 35. Cerramiento celosía de ladrillo. ....	28
Figura 36. Modelos de encuentros de los ladrillos.....	29
Figura 37. Master line 8 window .....	29
Figura 38. Master line 8 XL Pivot Door .....	29
Figura 39. Aplicación en vivienda carpintería Reynaers(I).....	30
Figura 40. Aplicación en vivienda carpintería Reynaers(I) .....	30
Figura 41. Vidrio laminado con Sentry Glass Plus .....	30
Figura 42. Cubo de Apple en la Quinta Avenida de Nueva York.....	31
Figura 43. Perspectiva de la pirámide de vidrio. ....	31
Figura 44. Planta de pluviales. ....	32
Figura 45. Pabellón con falso techo acústico .....	33
Figura 46. Modelo LINAR Decustik .....	33
Figura 47. Demostración modelo LINAR Decustik .....	33
Figura 48. Sección del Salón de Actos.....	34
Figura 49. Elemento de iluminación TL de Caimi Brevetti S.p.A. ....	34
Figura 50. Sección del restaurante. ....	34
Figura 51. Conector para vigas.....	39

## 1. Resumen

Este trabajo de fin de máster pretende mediante una propuesta arquitectónica dar respuesta a algunos problemas, carencias y necesidades del ámbito de actuación. El proyecto se ubica en la esplanada que hay entre la fachada norte del Palacio Real de Madrid y los jardines de Sabatini, un lugar con un gran valor histórico donde la intervención a realizar se antoja muy complicada.

El edificio por construir concluye la conexión entre el palacio y los jardines, que actualmente está incompleta, teniendo en cuenta las necesidades de la ciudad de Madrid, que pretende mejorar su conexión con la casa de campo, y las del propio palacio como atractivo turístico.

La función de la construcción consiste en un anexo del palacio que alojará servicios para los visitantes, tanto turistas como vecinos de la ciudad que disfrutarán de una oferta cultural más completa que les permita pasar más tiempo en el palacio y los jardines.

Tras un elaborado análisis el proyecto se ha diseñado respetando lo preexistente y pretendiendo dialogar con ello. Tomando como base los mismos criterios arquitectónicos del siglo XVIII, pero actualizados al lenguaje del siglo XXI. Procurando que, aunque es inevitable que cualquier intervención arquitectónica destaque esta lo haga de una forma que concuerde con el conjunto sin estridencias.

La construcción tiene la vocación de ser un zócalo de ladrillo que con su silueta quebrada mantiene ese carácter defensivo tan notorio del palacio. Sobre esta forma se engarzan tres piezas en metal y vidrio, que alojan el acceso y dos de los usos principales del conjunto, el Salón de Actos y una Sala de exposiciones temporales que se proyectan hacia los jardines.

Desde el principio una de las máximas del diseño del proyecto ha sido que las personas que transitan el conjunto sean partícipes del entorno pudiendo sentir una mayor relación con el palacio y los jardines que en la actualidad, es por esto que la cubierta se configura como una gran plaza abierta a las vistas, los espacios interiores se proyectan hacia el exterior con grandes ventanales y, la línea del edificio y del pavimento se van desvirtuando hasta fundirse con los jardines.



Figura 1. Fotomontaje exterior.



## 2. Información previa

Si bien el proyecto se desarrolla como un anexo al Palacio Real de Madrid, se considera interesante un examen más exhaustivo y un análisis de la ciudad de Madrid, de su situación actual, de su nacimiento y evolución histórica, pero principalmente del Palacio Real. De este modo, entenderemos mejor lo que la ciudad necesita y así ofrecer un proyecto que se integre en la trama de Madrid.

Madrid como capital de España, ofrece una oferta muy completa que la convierte en un destino turístico muy atractivo para los visitantes tanto nacionales como internacionales.

La variada historia arquitectónica de Madrid supone un gran decorado para la vida urbana, desde edificios medievales y los palacios reales hasta la arquitectura más puntera de la actualidad española, sin olvidar las llamativas construcciones de la belle époque, los edificios de ladrillo y chapiteles del barroco.

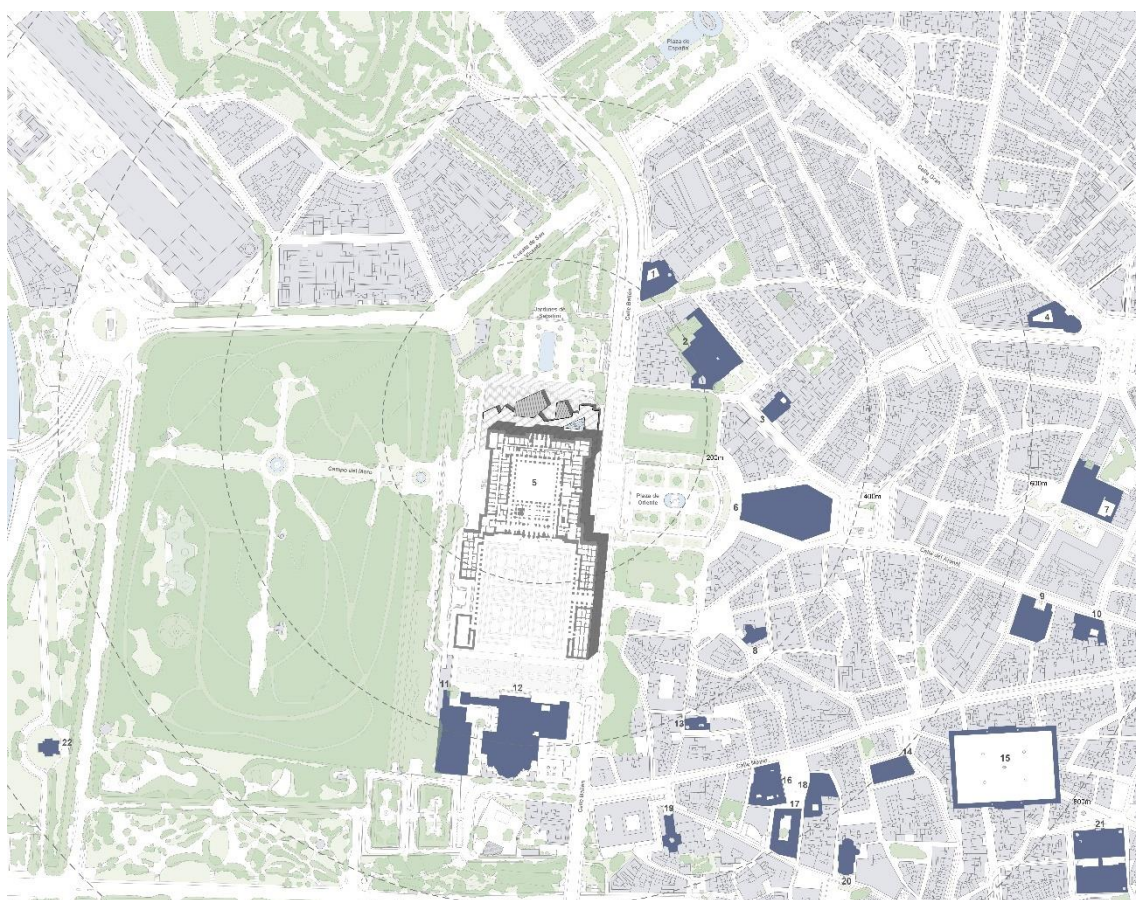


Figura 2. Edificios de interés turístico en el entorno del proyecto.

1. Palacio Grimaldi (1782)
2. Convento de la Encarnación (1616)
3. Academia de medicina (1861)
4. Edificio Carrión (1933)
5. Palacio Real (1738-S.XIX)
6. Teatro Real (1818-1997)
7. Convento de las Descalzas (1564)
8. Iglesia de Santiago (1811)
9. Iglesia de San Ginés (1645)
10. Palacio de Gaviria (1847)

11. Museo de las Colecciones Reales
12. Catedral de la Almudena (1883-1993)
13. Iglesia de San Nicolás (Siglo XII)
14. Mercado de San Miguel (1916)
15. Plaza Mayor (1617)
16. Casa de la Villa (1621-1695)
17. Casa de Cisneros (1537)
18. Torre de los Lujanes (Siglo XV)
19. Catedral de las Fuerzas Armadas (1671)
20. Basílica Pontificia de San Miguel (1745)
21. Palacio de Santa Cruz (1629-1636)
22. Ermita de la Virgen del Puerto (1716)

## 2.1. Madrid – Evolución histórica

Originariamente Madrid (Mayrit) era un asentamiento árabe, y en el año 850 se inició la construcción del Alcázar de la ciudad situado en la mejor ubicación defensiva posible, ya que dicho edificio se encontraba a una altura de 70 metros respecto al río Manzanares. Este Mayrit, cuya extensión rondaba las 17 hectáreas, estaba formado por la Almudaina y la Medina.

Con la Reconquista iniciada por Fernando I y continuada por su hijo Alfonso VI, la ciudad bajo la órbita cristiana continúa desempeñando su papel como emplazamiento fronterizo y defensivo. Por ello la ciudad crece poco a poco y durante el siglo XI se construye la muralla cristiana.

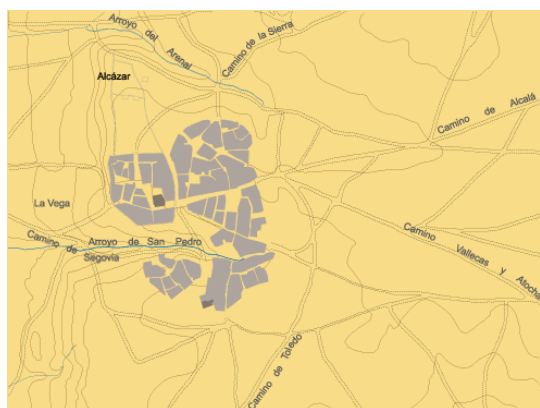


Figura 3. Madrid Histórico. Musulmán. Siglo X  
(Madrid historico, 2003)

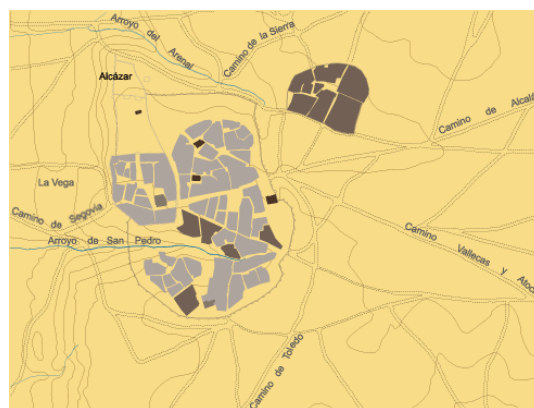


Figura 4. Madrid Histórico. Medieval en el Siglo XII  
(hasta 1200)(Madrid historico, 2003)

Entre los Siglos XIII-XVI la ciudad se consolida y se produce un crecimiento de la población. Y es en el siglo XIV cuando aparecen dos nuevos arrabales, debido a las limitaciones de crecimiento por el oeste asociadas a la presencia de las posesiones de la corona (Alcázar y Campo del Rey), y al gran desnivel en la ribera del río Manzanares. Ya en el siglo XVI, tras la guerra civil de los seguidores de Juana la Beltraneja y los de Isabel la Católica, y la posterior guerra de las Comunidades, es cuando Felipe II decide localizar la capital del reino en Madrid, hecho que supondrá una gran transformación para la ciudad. En el año 1566 ante el desbordado crecimiento de la ciudad, manda construir una nueva cerca para el control fiscal y sanitario.

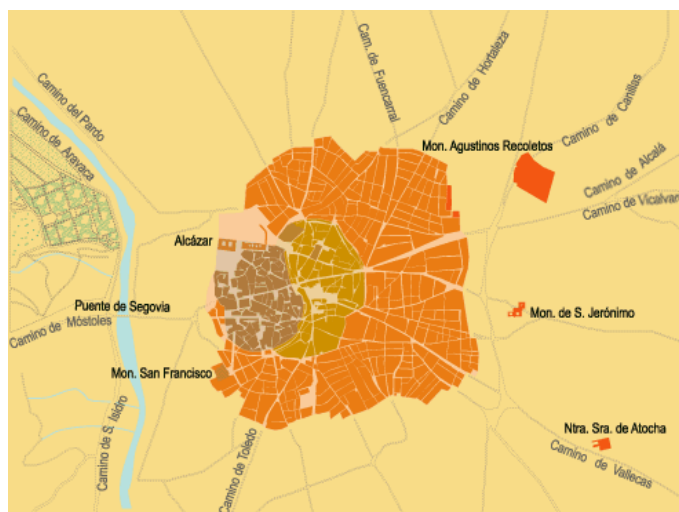


Figura 5. Madrid Histórico. Siglo XVI (hasta 1600) (Madrid historico, 2003)

En 1606 la corte vuelve a Madrid, tras un corto periodo de tiempo en que estuvo ubicada en Valladolid. El concejo entiende en estas fechas que el Alcázar era el mejor vínculo con la corona y, por ese motivo, se decide invertir en él. Desde finales del reinado de Felipe III y principios del de Felipe IV la ciudad vive un plan de construcciones públicas a fin de equiparar su aspecto físico con la realidad política que asume como centro del reino. Aun así, las dimensiones de la ciudad se mantienen debido a la construcción en 1625 de una nueva cerca que envolvía la ciudad y con el fin de fiscalizar, mediante el uso de sus puertas, los suministros que entraban y salían de la ciudad.

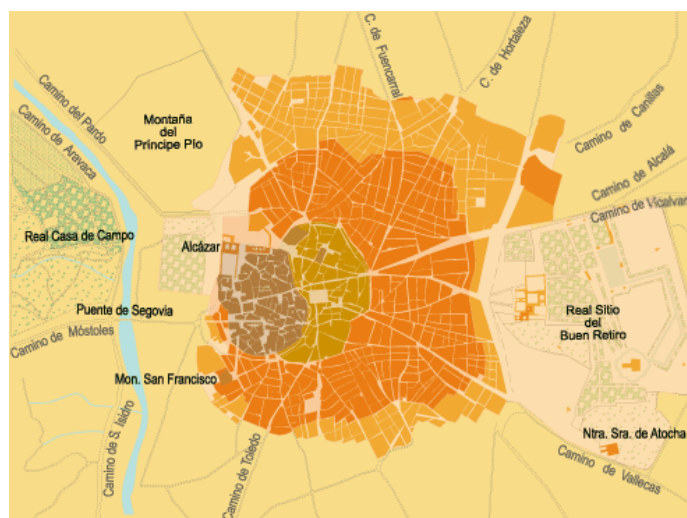


Figura 6. Madrid Histórico. Siglo XVII (hasta 1700) (Madrid historico, 2003)

En el Siglo XVIII con el cambio de dinastía se iniciaron transformaciones urbanas, como la que se realizó en la zona periférica sur-occidental, a fin de lograr una mejor relación entre el río Manzanares y la ciudad. Pero, tras el desafortunado incendio en el Alcázar la corte se vio obligada a trasladarse al Palacio del Buen Retiro, y con ello las actuaciones a esa zona. Hacia finales de siglo se construye el Palacio Real y la remodelación de su entorno, pese a que la ciudad apenas había crecido.



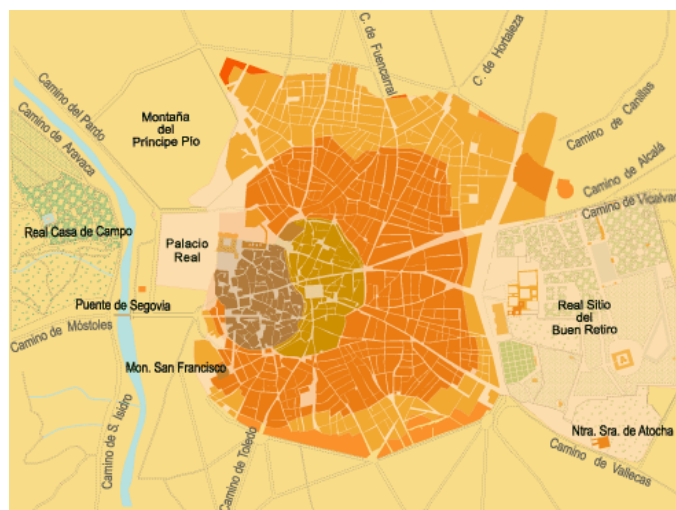


Figura 7. Madrid Histórico. Siglo XIII (hasta 1800)(Madrid historico, 2003)

En las primeras décadas del siglo XIX la ciudad no es inmune a todos los cambios del país, desde la guerra de la independencia a la gestación del Estado liberal, donde Madrid adquiere el rango de capital del Estado. El plano de la ciudad se ve alterado de dos maneras, por un lado, la guerra de la independencia, y, por otro lado, el desmantelamiento de algunas zonas debido a intereses urbanísticos. El crecimiento de la ciudad es imparable y a partir de 1868 comenzara a derribarse la cerca de Felipe IV.

El siglo XX refleja el incipiente poder de la capital y Madrid se amplía con la realización de nuevos ensanches, gracias al "Plan Castro" y se realiza el primer anillo de circunvalación (M-10), sobre la antigua cerca de Felipe IV. En los años siguientes gracias al desarrollo de las existentes infraestructuras y a la creación de nuevas, la ciudad experimenta un gran crecimiento, configurándose los nuevos cinturones M-20 y M-30 (Plan Bigador). Ya a finales del siglo XX y hasta nuestros días la ciudad incorpora nuevos barrios y se desarrollan nuevos cinturones M-40 y M-50.

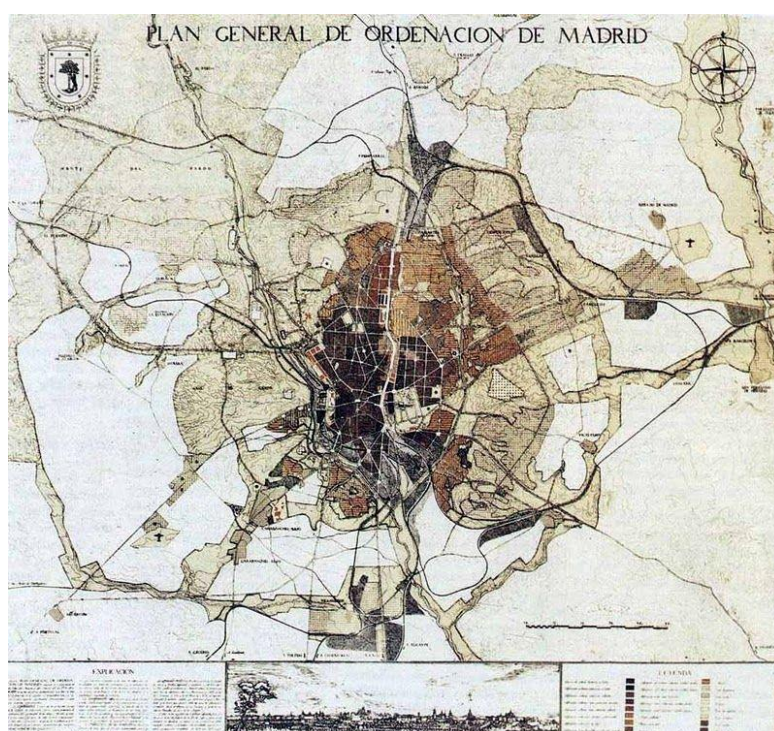


Figura 8. Plan Bigador (1941)(Geografía infinita, 2016)

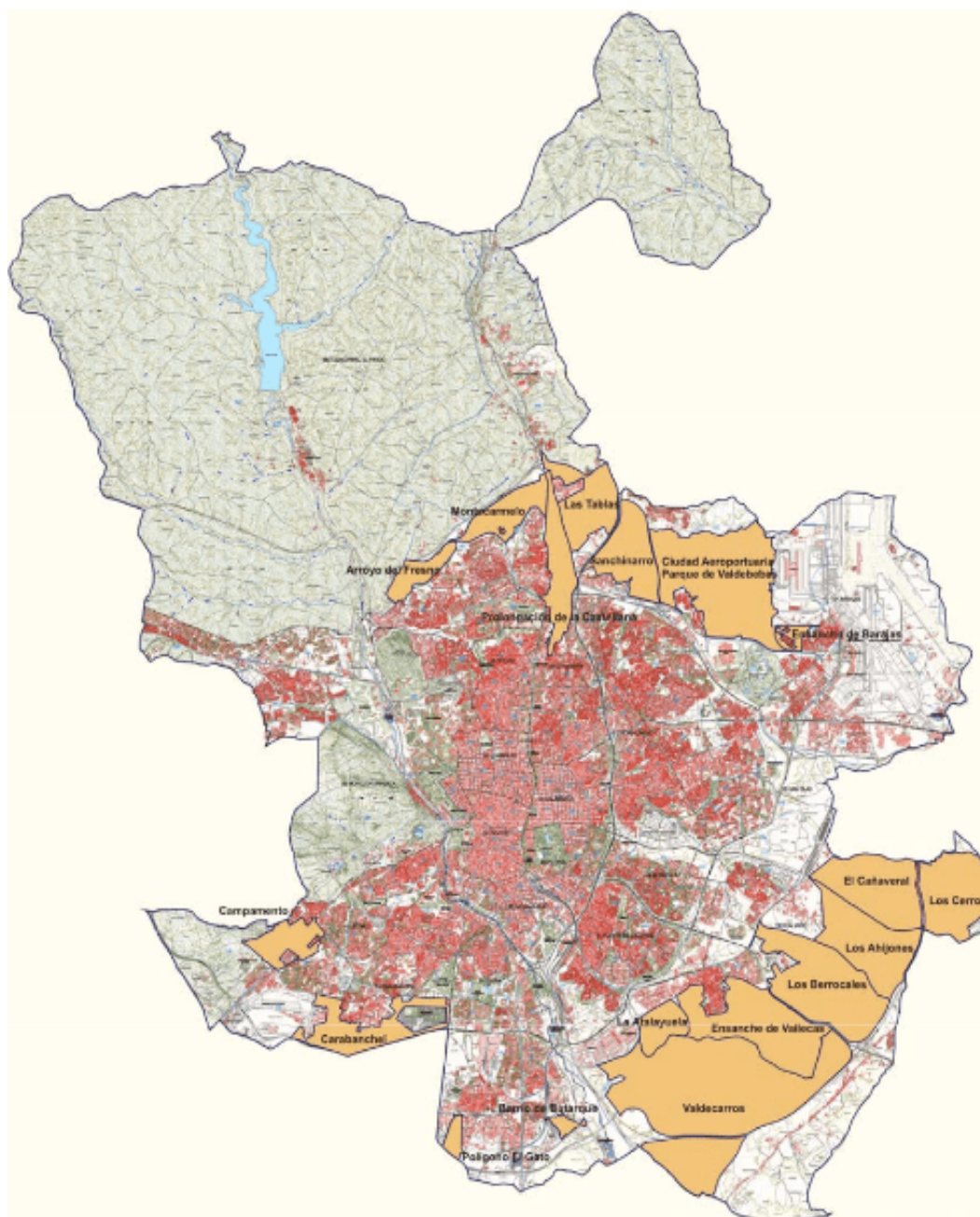


Figura 9. Plano de los PAUS de Madrid (Geografía infinita, 2016)



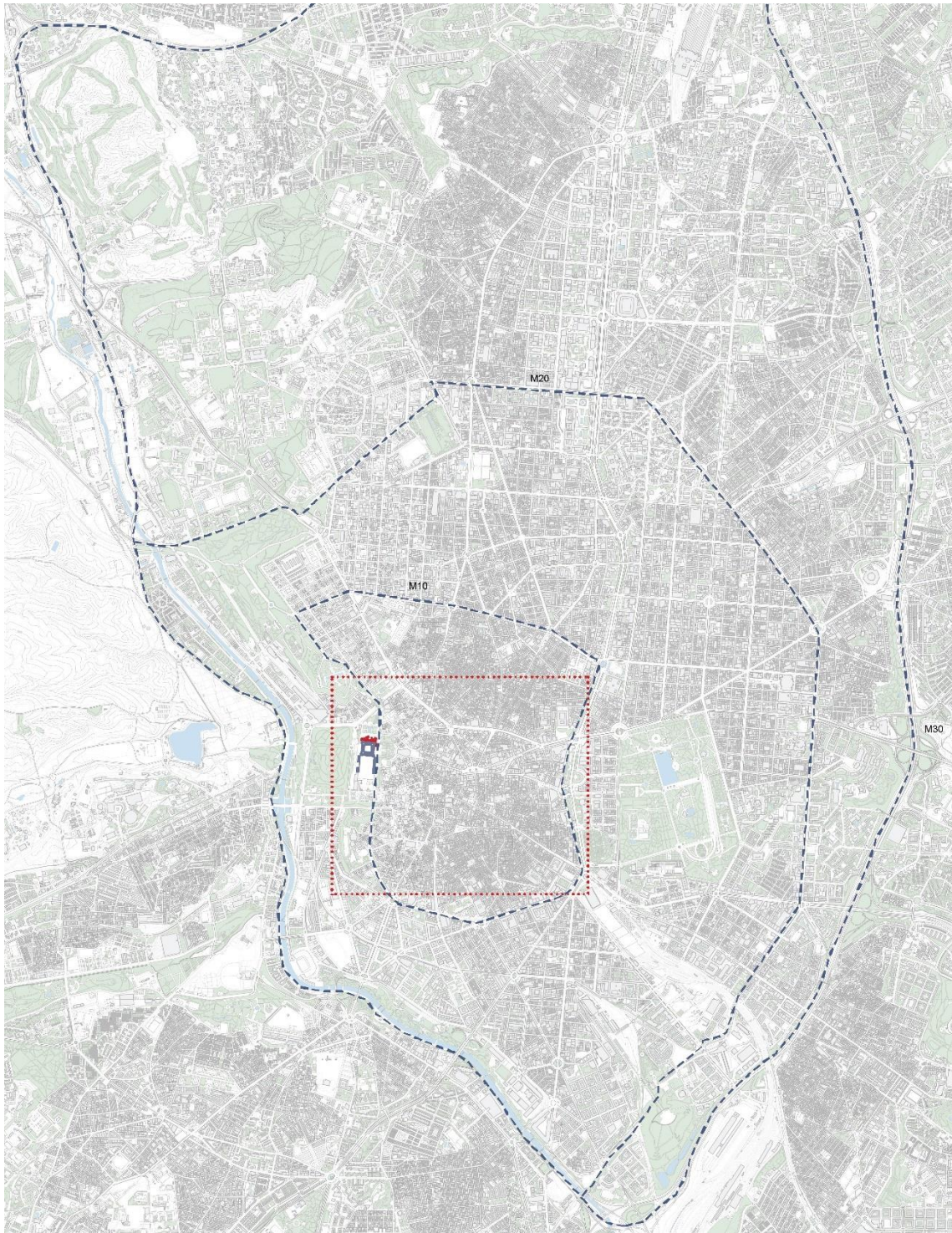


Figura 10. Plano de situación.



## 2.2.El Palacio real

El Palacio Real data del siglo XVIII y se encuentra construido sobre la antigua ubicación del Alcázar de Madrid en el que Felipe II estableció la residencia oficial de los reyes de España, desde 1561. Todos los monarcas posteriores aportaron reformas como la incorporación de la Torre Dorada, remodelación en sus fachadas, o la construcción de la Armería Real, pero también en las distintas dependencias interiores con especial empeño en su decoración.

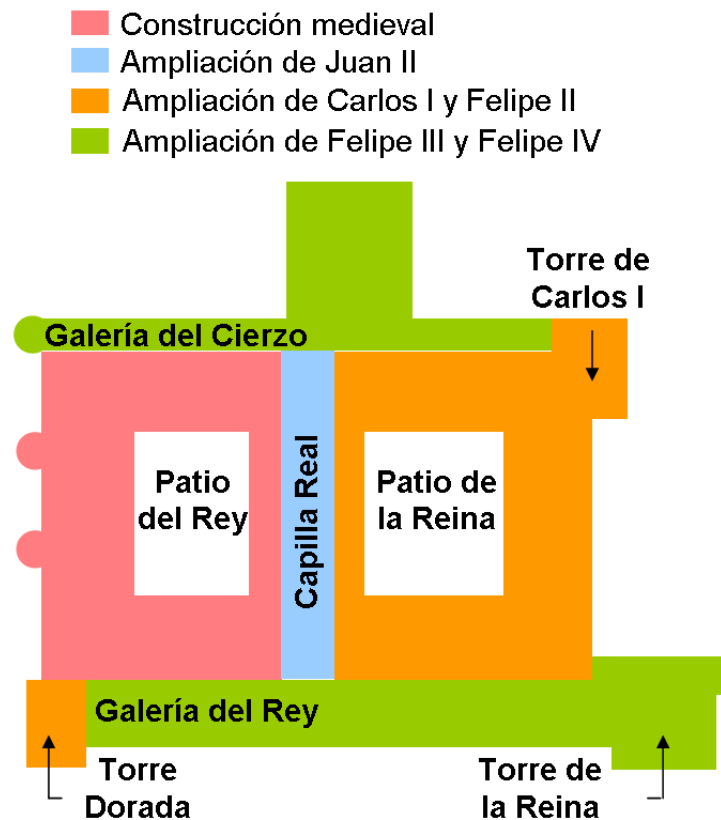


Figura 11. Evolución histórica de la planta del Real Alcázar de Madrid

Con la llegada de Felipe V y de la dinastía borbónica se reforma principalmente el interior con decoraciones suntuosas al gusto francés, debido a que el rey estaba acostumbrado al lujo de Versalles y, que encontraba austero y frío el Alcázar de los Austrias.







Figura 12. Alcázar de Madrid (Dominio público)

El Alcázar en la Nochebuena de 1734 fue destruido por un incendio. Al año siguiente, el rey Felipe V encargó al arquitecto siciliano Filippo Juvara la construcción de un nuevo palacio, que plantea un edificio de grandes dimensiones en otra ubicación. Le sucede su discípulo Juan Bautista Sachetti, que incorporó importantes ideas del precedente, adaptando el ambicioso proyecto a las dimensiones del solar primitivo, mucho más pequeño y de difícil topografía. Esto tiene como consecuencia cierta reminiscencia de carácter defensivo en el diseño del proyecto.

El palacio sigue un esquema de planta cuadrada alrededor de un patio interior, donde se resaltan las esquinas con los torreones también cuadrados. De esta manera se generan cuatro fachadas: la de la Armería, la de Plaza de Oriente, la que se orienta a los jardines del Campo del Moro y la norte que da a los jardines de Sabatini. Las estancias reales se disponen entorno al patio central.



Figura 13. Esquema del Palacio (HISTORIA DEL ARTE: temas, imágenes y comentario, 2017)





Figura 14. Fotografía aérea Palacio Real (HISTORIA DEL ARTE: temas, imágenes y comentario, 2017)

Consiste el palacio en un gran cubo blanco de piedra que se apoya en un zócalo de ladrillo que absorbe los importantes desniveles mediante juegos de rampas y escaleras. Todo el edificio está formado de bóvedas evitando el uso de madera como elemento estructural, lo que hace que en caso de incendio se garantice la supervivencia de gran parte del palacio, y desarrollado en muchas plantas, para poder albergar todas las oficinas requeridas por el gobierno, dependencias reales, los oficios de la Real Casa y, los departamentos de servidores y personal del palacio.

La obra se inició en 1738 y no se terminó hasta el año 1751, aunque hasta 1759 se continuó ampliando la decoración escultórica del entorno y finalizando las obras exteriores. Esto hizo que el primer monarca en habitar el Palacio Real fuese Carlos III en 1764.

Sachetti muere antes de terminar el palacio y como consecuencia la fachada norte queda inacabada. Como es visible para cualquier visitante, se aprecia como en el hueco central de la fachada norte, donde debería haber una salida para acceder a los jardines únicamente hay una ventana que no encaja.

A las órdenes de Sachetti hubo otros arquitectos, entre ellos Ventura Rodríguez y Francesco Sabatini, a este último se le encargó la ampliación del palacio debido a la carencia de espacio. Su idea original fue poder encuadrar la plaza de armas con otras construcciones y, por otro lado, ampliar por el norte siguiendo la misma distribución de la estructura del edificio original. Las obras pronto fueron interrumpidas y sus cimientos quedaron bajo tierra en la explanada donde después se construirían las caballerizas, que serían derribadas para construir finalmente los actuales Jardines de Sabatini, el proyecto que actualmente se puede ver es del concurso que ganó García Mercader hace 90 años en el que se observa una gran desconexión entre el Palacio, el zócalo y dichos jardines.



*Figura 15. Reales Caballerizas (Viendo Madrid, 2010)*



*Figura 16. Jardines de Sabatini (Patrimonio Nacional, 2020)*

En la actualidad se plantean diversas actuaciones encaminadas por una parte a mejorar las comunicaciones de la ciudad y la Casa de Campo, que incluyen al Palacio Real, y por otra la nueva construcción del edificio que contenga las Colecciones Reales.

El presente proyecto se centra precisamente en la accesibilidad al Palacio Real desde la fachada norte, buscando unir los espacios, enlazando el edificio con los jardines, respetando la huella histórica previa.

### 3. Objeto del proyecto

#### 3.1. Problema

Tras el estudio del Palacio Real se observan carencias en cuanto a servicios al visitante y su accesibilidad. Analizando otros palacios europeos destinados a turismo cultural como por ejemplo en el Palacio de Chatsworth en Gran Bretaña, se ve que junto al Palacio se encuentran las antiguas caballerizas destinadas a dotaciones para el turista como restaurantes, tiendas, cafetería, aparcamiento, zonas de descanso...

Actualmente el Palacio Real ya cuenta con un punto de venta de recuerdos, que solo es accesible desde el interior del mismo, esto reduce las posibilidades de venta ya que, si se pudiera acceder desde fuera sin necesidad de pagar la entrada, la tienda podría ser el objetivo de la visita al recinto y no solo un extra. Aunque está previsto que en la ampliación del Museo Colecciones Reales cuente con una cafetería, la oferta gastronómica es escasa.

Otros palacios como Buckingham o Versalles cuentan con multitud de restaurantes y cafeterías repartidas por diferentes áreas del palacio o de los jardines, y gran cantidad de tiendas de todo tipo de productos como recuerdos del país, recuerdos del palacio, recuerdos navideños, porcelana, repostería, conservas, publicaciones, joyería...

Por último, en el Palacio Real, el hecho de que las visitas individuales y grupales acceden por puntos muy próximos, sumado a que la entrada y la salida se realizan por el mismo punto, ocasiona grandes acumulaciones de personas. Por lo que sería interesante separar más los recorridos.

#### 3.2. Propuesta

La idea es completar con una serie de servicios al conjunto del Palacio Real, para que no sea únicamente un lugar que visitar durante pocas horas, ya que lo máximo que suelen estar los turistas antes de cansarse son dos horas. Con este conjunto de atracciones los visitantes tendrán una oferta más completa en el caso de que quieran dedicar todo el día a ver el palacio y los jardines. Pudiendo comenzar la visita por la mañana, parar a comer en el restaurante o en la cafetería, después seguir visitando el interior o los jardines, y terminar tomando algo en la terraza de la cafetería contemplando el conjunto.

La propuesta se desarrolla en un edificio anexo al Palacio Real, pero con acceso a este y vinculado a los jardines. De esta forma su uso no será exclusivo de la visita al Palacio, sino que permitirá su disfrute a cualquier paseante de la ciudad. Nos ofrece entre sus servicios unas taquillas de dispensación de entradas como alternativa a las de la entrada principal, un puesto de información y un servicio de guardería para que los turistas puedan disfrutar mejor de su visita. Pero también cuenta con una Sala de exposiciones temporales, de un Salón de Actos para proyecciones, presentaciones y conferencias vinculadas al Palacio, y de una tienda de recuerdos externa. Además de los antes mencionados de cafetería y restaurante. Todos estos servicios pretenden ser una oferta más amplia al turista descongestionando a los del Palacio y a la vez propiciar una mayor relación con los jardines de Sabatini.







*Figura 17. Fotomontaje desde los jardines de Sabatini.*

## 4. Descripción del proyecto

### 4.1. Diseño

Debido al gran valor patrimonial del conjunto del Palacio Real, el edificio a construir parte de un meditado estudio sabiendo que no va a pasar desapercibido, ya que cualquier modificación del estado actual llama especialmente la atención. Pero sí que se pretende que la propuesta se integre en el conjunto desde un perfil lo menos llamativo posible.

La construcción supone completar el zócalo del palacio desde la fachada norte, la forma del edificio debe ser rotunda y refinada como lo es el proyecto de Sachetti, pero con un diseño actual.

Mediante dos líneas quebradas que simulan olas dibujadas en el pavimento el contorno del edificio-zócalo establece una relación entre el palacio y los jardines, siguiendo la referencia de obras de Pablo Palazuelo, Eduardo Chillida o Jorge Oteiza.

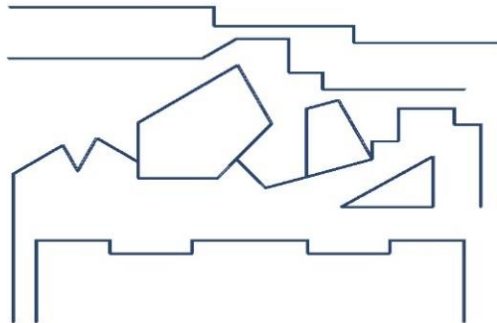


Figura 18. Esquema de la planta del proyecto.

Integrados en esta forma poligonal se configuran los volúmenes de piezas de diferentes caracteres que colisionan y entremezclan, pero que a la vez tienen vocación propia. De tal manera que por su entidad y fuerza destacan los poliedros que contienen el Salón de Actos, la Sala de exposiciones y la pirámide de entrada. Esta imagen estética exterior evoluciona y se traslada a la definición de los espacios interiores. De esta forma todos los espacios se vinculan a un pasillo longitudinal que vertebra al proyecto con lo que se obtiene la unidad del conjunto.

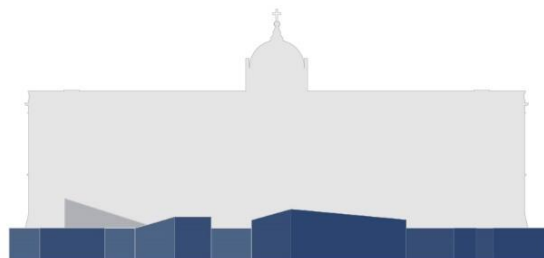


Figura 19. Esquema de la silueta del proyecto sobre el palacio.

Por otra parte, el proyecto se entiende como un nexo vertical entre el Palacio a la cota de la calle Bailén y los jardines de Sabatini. El desnivel de entre ocho y doce metros se salva gracias a la existencia de dos rampas laterales. Pero además ahora, franqueado por estas, se podrá bajar a través del nuevo edificio que se integra estableciendo un diálogo con ellas, con similitudes en materiales, pero con diferencias formales.

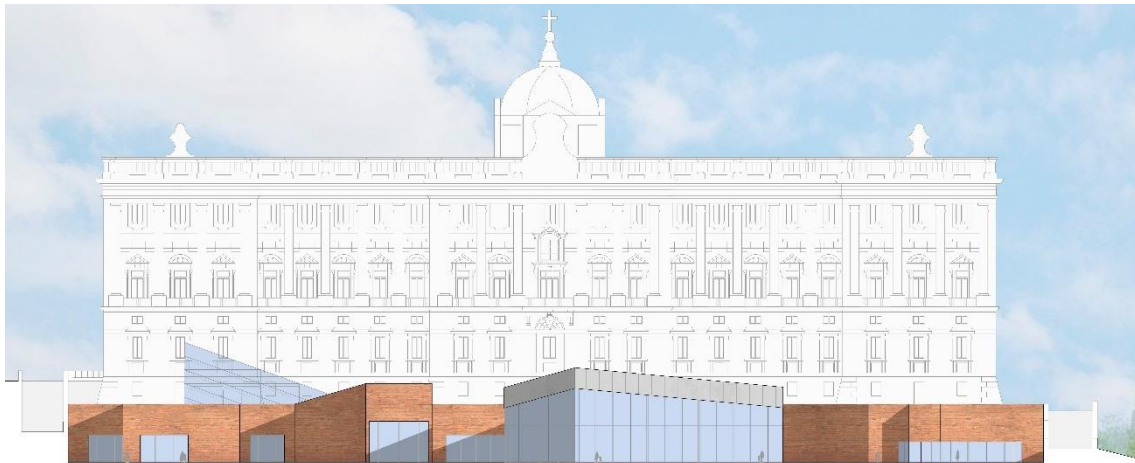




Al edificio proyectado se puede acceder desde arriba bajando unos metros por la rampa hasta llegar a la cubierta transitable donde se encuentra la entrada de la pirámide. Una vez en el interior se desciende bien por la escalera o por el ascensor hasta un gran espacio que se abre a los diferentes servicios y que se prolonga hasta encontrar la salida al exterior.

La altura del edificio concuerda con la grandiosidad de los palacios que trascienden la escala humana y resultan sobrecogedores para el hombre haciendo parecer los palacios como parte de la monarquía algo casi divino.

El nuevo zócalo de servicios permite desde su cubierta transitable disfrutar de la proximidad del palacio y de las vistas de los jardines. Y a su vez, desde los jardines se percibe el edificio como una serie de pliegues que gana intensidad según te acercas a la Casa de Campo y al amenazante desnivel. La línea de fachada quebrada va articulando los espacios abiertos al entorno mediante grandes huecos, que permiten interactuar el interior con el exterior. En cuanto al tratamiento de la fachada se compone de un gran muro liso de ladrillo roto por huecos y una pieza singular de vidrio, que refuerzan la sensación de robustez y grandiosidad del conjunto palaciego.



*Figura 20. Alzado norte.*



## 4.2. Programa y superficies

El programa inicial comprende los siguientes usos:

Usos	Superficie Útil
Sala Exposiciones temporales	691,90 m <sup>2</sup>
Salón de Actos	259,95 m <sup>2</sup>
Restaurante	294,81 m <sup>2</sup>
Cocina	118,14 m <sup>2</sup>
Tienda	139,63 m <sup>2</sup>
Guardería	125,66 m <sup>2</sup>
Cafetería	129,37 m <sup>2</sup>
Administración	48,50 m <sup>2</sup>
Taquillas e información	62,65 m <sup>2</sup>
Aseos	84,87 m <sup>2</sup>
Almacenes	57,56 m <sup>2</sup>
Cuartos instalaciones	108,05 m <sup>2</sup>
Zonas comunes	1.116,53 m <sup>2</sup>
Acceso planta superior	74,94 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL SUPERFICIE ÚTIL</b>	<b>3.312,56 m<sup>2</sup></b>

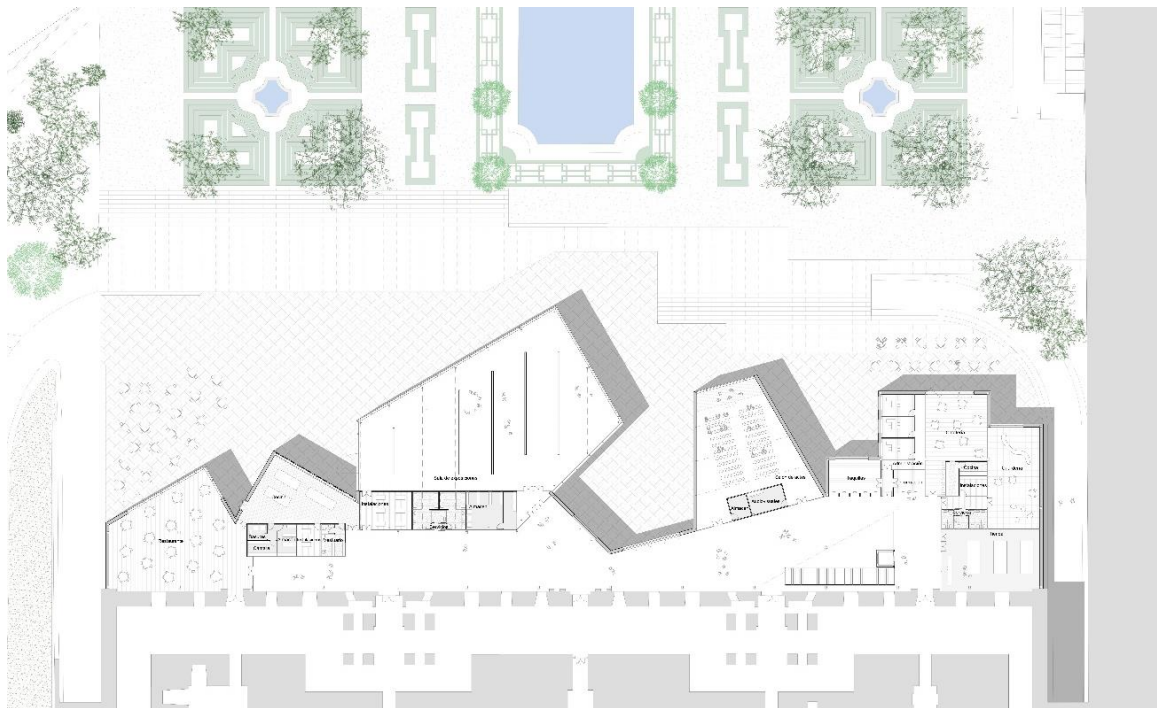


Figura 21. Planta inferior.

## 5. Memoria justificativa de los usos

### 5.1. Análisis funcional

La planta se organiza de tal forma que los espacios principales se abren al exterior y pegando al palacio se coloca la franja de circulación que los conecta. Entre ambos órdenes se ubican los espacios servidores de los espacios servidos, en cajas que delimitan las zonas y permiten articular la planta.

Tal como se ve en la planta los espacios servidos se representan en azul y suponen un 58% de la superficie total del edificio y los servidores, en naranja, un 41%.

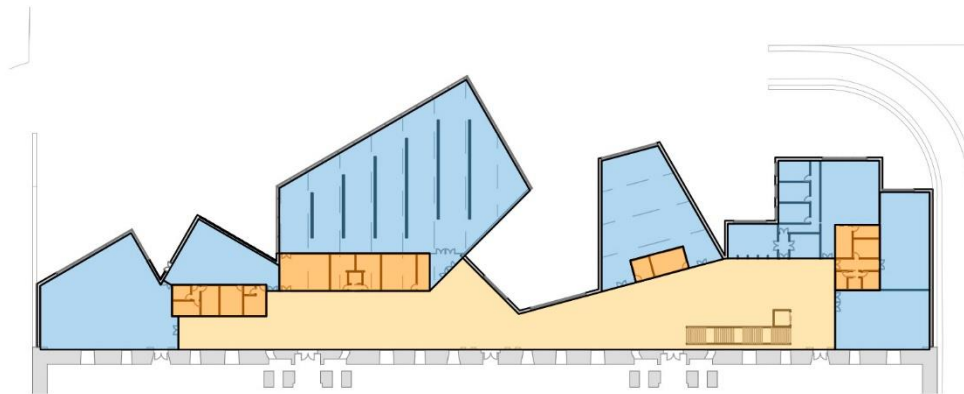


Figura 22. Análisis funcional de usos.

### 5.2. Análisis de los usos

#### 5.2.1. Salón de Actos

El Salón de Actos es uno de los volúmenes que se destacan dentro de la planeidad del conjunto. Es accesible desde el espacio central de circulación, ocupa la posición más próxima a las escaleras descendentes para facilitar su acceso desde arriba y además esta inmediatamente al lado de los accesos desde los jardines, de este modo esta sala se puede evacuar de forma rápida.

En este espacio el suelo comienza a cota cero y desciende ligeramente para facilitar la visual, y cuyo techo se eleva rápidamente a fin de lograr un volumen creciente que se proyecta hacia el exterior en un rotundo gesto acorde con el palacio.

En el paño trasero del estrado se abre un gran ventanal que permite que la homogénea luz norte inunde el espacio y que los jardines de Sabatini ejerzan como un magnífico telón de fondo.

Este volumen se resuelve con estructura metálica, cubierta de zinc e imponentes muros de ladrillo visto.

#### 5.2.2. Administración y taquillas

Estos usos se sitúan viables para los visitantes junto a la escalera. Organizados en dos mostradores, uno de información turística y otro propiamente las taquillas. Ambos con acceso a unos despachos situados detrás para la administración.

### **5.2.3. Cafetería**

Se trata de un espacio de sencillez formal, compuesto por una zona de comedor con mesas, una barra y una pequeña cocina ordenadas en una pieza rectangular. Está situada en la parte más ortogonal del proyecto y mediante unas puertas pivotantes de vidrio se conecta con el exterior donde se ubica una terraza para disfrute de cualquier paseante de los jardines.

### **5.2.4. Guardería**

El proyecto también cuenta con una guardería a fin de que los adultos puedan hacer turismo sin tener que preocuparse de sus hijos y los niños a su vez puedan jugar tranquilamente.

Este espacio se sitúa en la esquina noreste buscando una ubicación menos accesible y más tranquila. La sala cuenta con suelo de goma y todo el mobiliario infantil necesario.

### **5.2.5. Tienda**

El conjunto de lugares accesibles desde el vestíbulo se completa con la tienda, un amplio espacio donde comprar todo tipo de productos relacionados con el palacio y con la tradición cultural de España. Esta sala tan sólo está separada del hall por la pared de vidrio por donde se accede y que la hace fácilmente visible.

### **5.2.6. Sala de exposiciones**

Es el gran volumen del edificio, con más de 13 metros de altura y representando casi un tercio de la superficie total del proyecto, está figura que emerge del zócalo de ladrillo se construye en vidrio y chapa de zinc aumentando con el cambio de material su presencia.

Interiormente en la sala destacan los pórticos de cerchas metálicas de dos metros que perpendiculares al Palacio marcan el ritmo del espacio junto a los paneles interiores, también paralelos, que sirven para sujetar los cuadros que se expongan y ordenar el recorrido de las exposiciones.

### **5.2.7. Restaurante**

En el extremo del edificio se encuentra el comedor separado de la cocina por el núcleo de almacenes, vestuarios e instalaciones.

El comedor tiene una planta pentagonal, mucho más atractiva que un rectángulo, la iluminación se logra gracias a una ventana de tres metros de alto que dadas las dimensiones del edificio parece baja y permite acotar el exterior haciéndolo menos intrusivo que en otros espacios. En el exterior la ventana se prolonga hasta la cocina para englobar compositivamente la puerta de carga y descarga de esta, pero este tramo no es realmente vidrio.

### **5.2.8. Circulaciones**

El corredor que vértebra el edificio dando acceso a los distintos espacios lejos de parecer un pasillo paralelo al palacio anodino está repleto de alicientes.

El lado izquierdo, construido por la fachada del actual zócalo del Palacio, se mantiene recto e invariable, pero los cambios en el lado derecho crean diferentes ámbitos.

Primero un vestíbulo irregular abierto al exterior gracias a la pirámide de acceso que ilumina el lugar.

Según avanzamos el espacio aparentemente se comprime, aunque en ningún momento tiene menos de cinco metros de ancho de paso.



En este punto donde el proyecto se hace más fino se siente la tensión entre interior y exterior, la brutalidad del palacio frente a los jardines a los que se abren casi 60 metros cuadrados de puertas acristaladas.

### 5.2.9. Exterior

El último espacio destacable del edificio es el exterior, la cubierta transitable permite aumentar el área en torno al Palacio pudiendo acoger más gente que disfrute de las vistas.

Por otra parte, el ámbito que se genera entre el edificio y los jardines de Sabatini se ha tratado para establecer una relación gradual. La eliminación del seto y la creación de una franja quebrada con el cambio de material del pavimento dialoga con el orden de los jardines, el edificio y el palacio.



*Figura 23. Fotomontaje desde la calle Bailén.*



## 6. Comunicaciones y evacuación

### 6.1. Circulaciones y conexiones

El desplazamiento por el edificio se articula mediante un corredor longitudinal que hacia la derecha se abre a los diferentes espacios y hacia la izquierda conecta con el palacio, mediante las cinco puertas que se encuentran en el muro preexistente.

La pieza se relaciona con el jardín exterior mediante grandes ventanales, siendo algunos de ellos entradas para comunicar el interior con el exterior.



Figura 24. Esquema en planta de circulaciones y conexiones.

### 6.2. Evacuación en caso de incendio

Se ha diseñado el edificio teniendo en cuenta la evacuación de los ocupantes en caso de incendio, logrando que desde los puntos más alejados a las salidas la distancia a recorrer siempre sea inferior a 50 metros que es lo que dicta el Código Técnico de la Edificación.

Como se ve en los recorridos marcados en la planta, la alargada forma del edificio, más de 140 metros, sumada al alto grado de ocupación debido al uso ocasionan la necesidad de contar con varias salidas distintas. Por otra parte, esto es fácil dado que casi todos los espacios cuentan con salida al exterior.



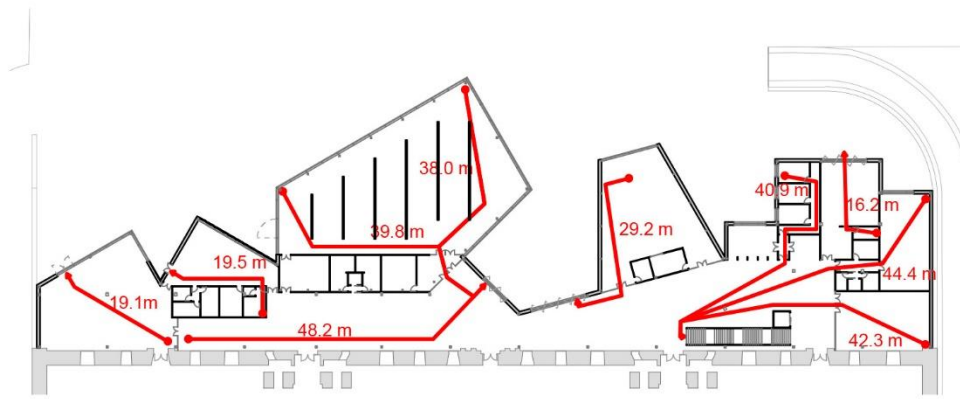


Figura 25. Plano de evacuación.

### 6.3. Recorridos de acceso

Como se ha visto el edificio es accesible por diferentes puntos y se establecen rutas de acceso distintas según los usos. En verde oscuro y verde claro encontramos las rutas de suministro de restaurante y cafetería respectivamente.

El recorrido azul marca la ruta que llevan los objetos expuestos en la sala de exposiciones.

Finalmente, los caminos rojos corresponden a los diferentes visitantes del recinto que llegan por todos los caminos, desde el Campo del Moro, Jardines de Sabatini y calle Bailén.

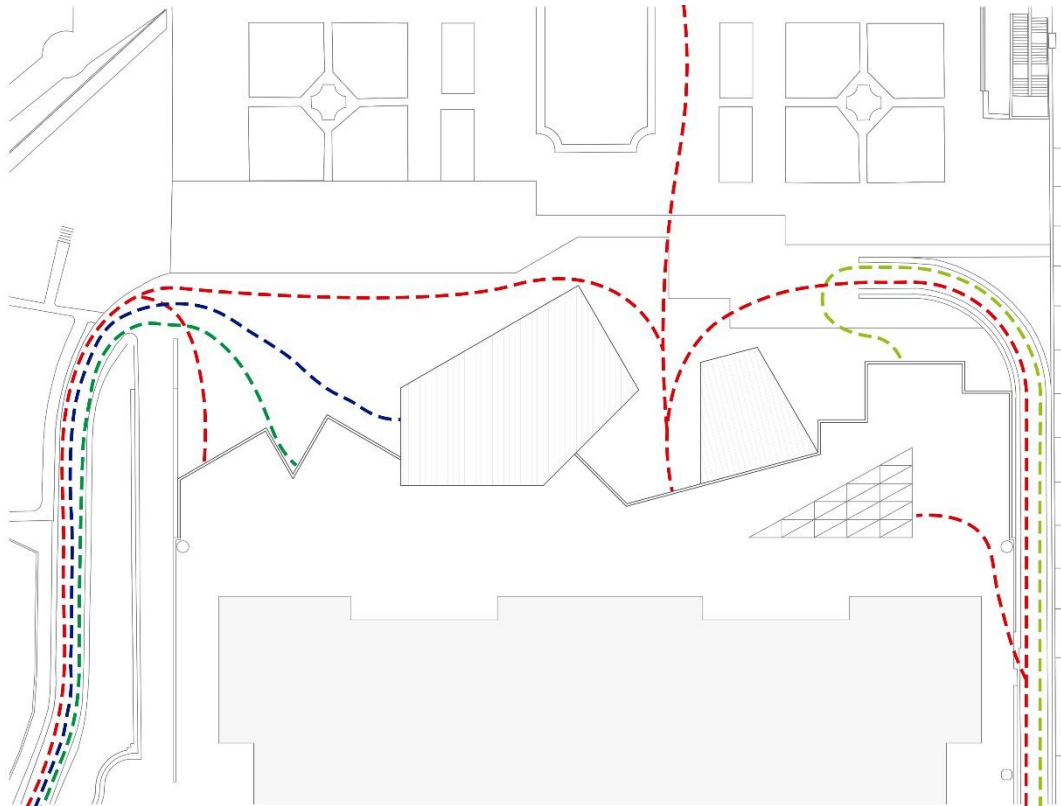


Figura 26. Esquema en planta de accesos.

## 7. Materialidad y Construcción

### 7.1. Cimentación

La cimentación del edificio se realiza mediante 73 zapatas aisladas de hormigón armado, arriostradas con vigas de atado de 50x50 cm. Se elige este tipo de cimentación para evitar excavar demasiado en el solar ya que se encuentran enterrados restos de edificios históricos preexistentes.

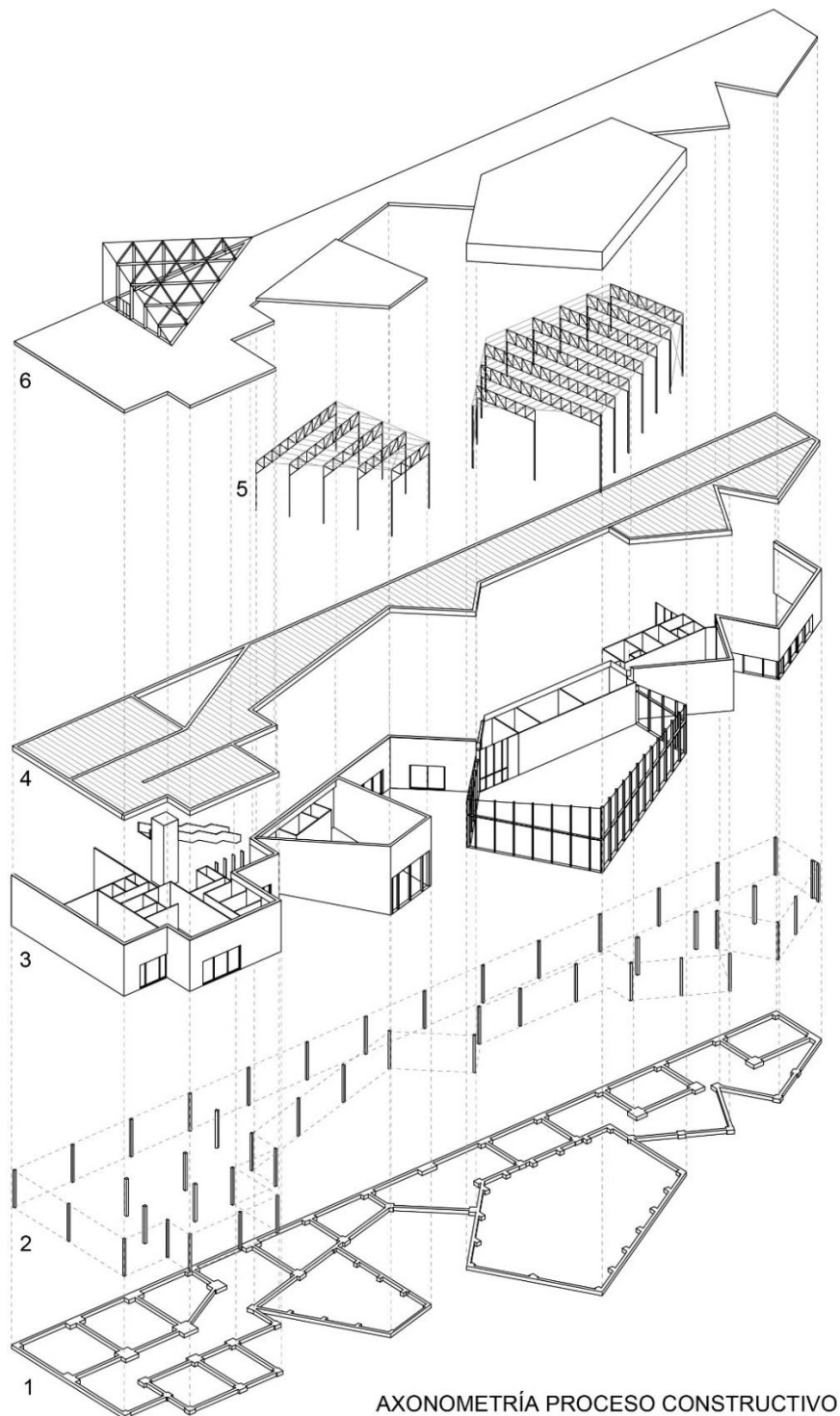


Figura 27. Axonometría del proceso constructivo.

## 7.2. Estructura

Se diferencian dos tipos de estructura, metálica con pórticos en la Sala de Exposiciones temporales y Salón de Actos que se realizarán mediante cerchas metálicas de acero laminado de 2 m de alto, dispuestas cada 5 m y unidas con correas en forma de Z de 200 mm separadas 1,5 m. Las cerchas se apoyan en pilares HEB.

El resto del edificio se ejecutará en hormigón armado, formado por pilares y vigas de canto.

Los forjados serán unidireccionales de hormigón armado con molde en forma de T, aligerados, tipo HOLEDECK Ho-One 45, con nervios a una distancia de 1m, y capa de compresión armada de 10 cm.

HOLEDECK es un sistema de moldes reutilizables de polipropileno empleado para construir la estructura de hormigón armado más óptima posible. Este sistema logra un ahorro de hasta el 20% de los costes del edificio y reduce su huella de carbono. Todo esto sin emplear hormigón, acero o mano de obra especiales.

Debido a sus perforaciones, el sistema puede integrar instalaciones y elementos que estén diseñados para techos modulares estándar.

El sistema patentado HOLEDECK ahorra volumen de hormigón, pero es similar a un forjado convencional en tiempos de ejecución. Al reducir sustancialmente el uso de hormigón reduciendo el peso propio de la estructura, también se reduce el consumo total de acero y el peso del edificio sobre la cimentación.

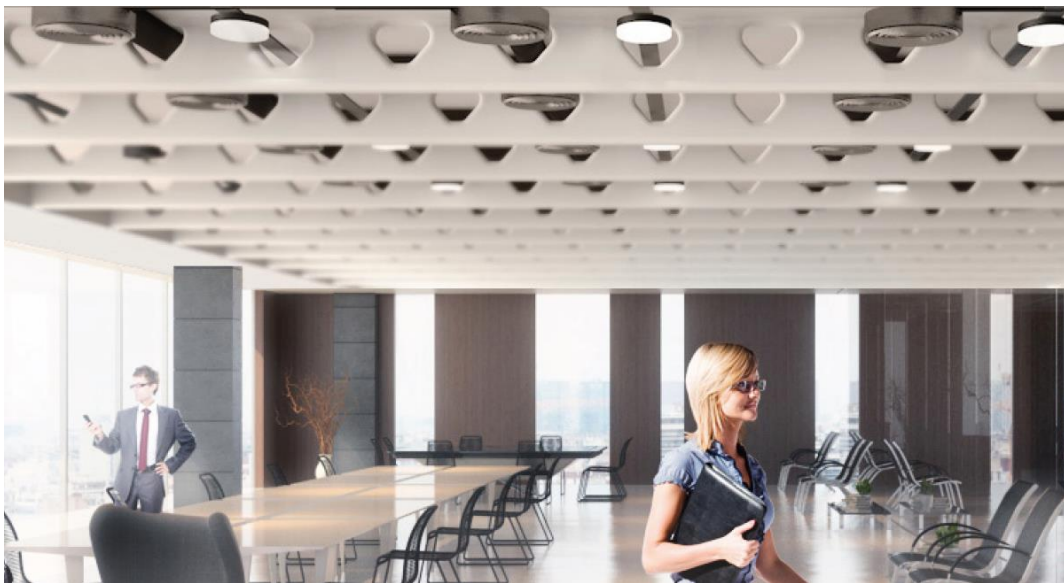


Figura 28. Fotomontaje forjado HOLEDECK Ho-One (HOLEDECK, 2018)

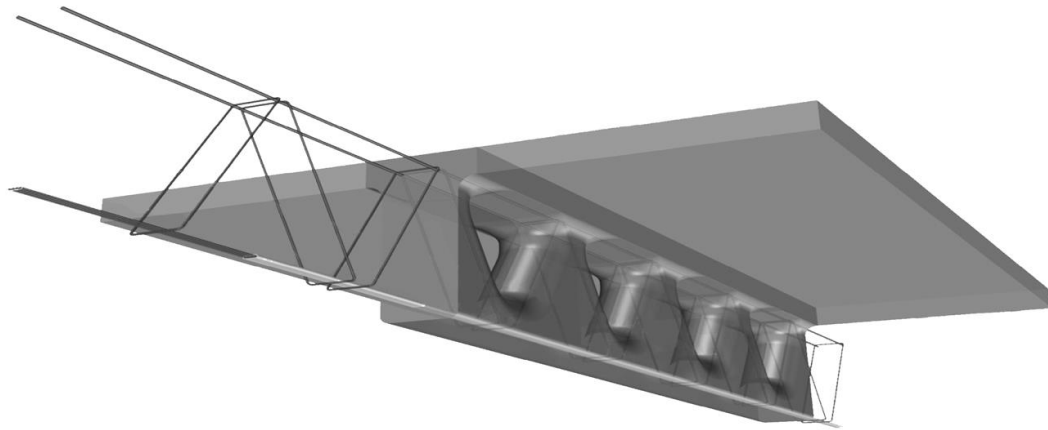


Figura 29. Detalle nervios forjado HOLEDECK Ho-One (HOLEDECK, 2018)

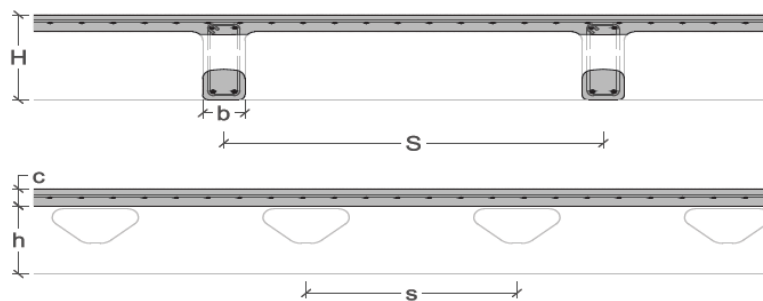


Figura 30. Sección constructiva forjado HOLEDECK Ho-One (HOLEDECK, 2018)

### 7.3. Cerramientos-fachadas

La Sala de Exposiciones y los huecos de gran tamaño se cierran mediante muro cortina o fachada ligera tipo Riventi. Se trata de una envolvente externa autoportante compuesta por elementos lineales, unidos entre sí y anclados a la estructura principal del edificio.

La fachada ligera se compone de elementos estructurales y elementos de relleno; que pueden ser practicables o fijos.

La estructura principal del muro cortina se diseña en forma de retícula formada por montantes y travesaños de aluminio. Los montantes se fijan con anclajes a la estructura del edificio, están destinados a soportar su propio peso, las acciones que los travesaños y el resto de los elementos que se fijan a ellos les transmiten las cargas que inciden sobre la fachada: viento principalmente, sismo, impactos, etc...

Se escoge el Sistema R70ST, en el que los paneles; con doubles acristalamientos son fijados a la perfiliería a través de un elemento bastidor, al que se sujetan mediante la adherencia con silicona estructural. Este modelo permite que el vidrio forme una superficie continua, evitando elementos externos y proporcionando una planeidad total, visualizándose únicamente los elementos de relleno. El acabado es totalmente uniforme con junta entre vidrios de 20 mm.





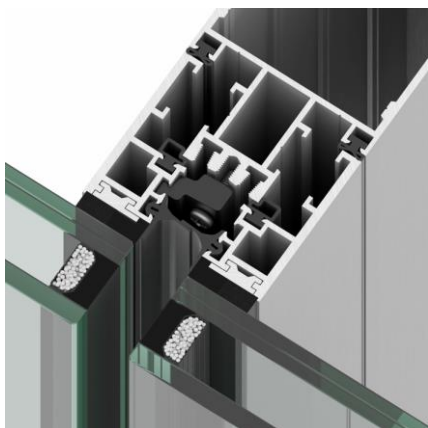


Figura 31. Sistema de muro cortina tipo Stick R70ST de Riventi para fachadas especiales y dobles pieles, con fijación de silicona estructural a través de bastidor (I). (Riventi, 2015)



Figura 32. Sistema de muro cortina tipo Stick R70ST de Riventi para fachadas especiales y dobles pieles, con fijación de silicona estructural a través de bastidor (II). (Riventi, 2015)



Figura 33. Fachada parque minería en Gallarta (I). (Riventi, 2015)



Figura 34. Fachada parque minería en Gallarta (II). (Riventi, 2015)

Los muros exteriores del resto del edificio son de fábrica de ladrillo caravista de 230x110x50, con trasdosado de aislamiento térmico de poliestireno expandido de 12 cm, cámara de aire y fábrica interior del mismo ladrillo caravista. Ambas fábricas irán trabadas con grapas de atado cada 7 hiladas, rematadas en el antepecho superior mediante albardilla de granito.

La iluminación de la cocina se efectúa por la fachada noreste, mediante ventanas ocultas tras una celosía de ladrillo.



Figura 35. Cerramiento celosía de ladrillo.

Debido a la geometría del proyecto la construcción de los muros en ladrillo resulta complicada ya que los diferentes ángulos del edificio generan un problema técnico, que no se puede resolver con ladrillos rectangulares. Por esto se diseñan piezas especiales con tres caras perpendiculares entre sí y una que se adapta al ángulo de la fachada.

El diseño de los múltiples quiebros de la fachada con variaciones regulares de 15° grados permite solucionar todos los encuentros con tan sólo cuatro posiciones distintas y tan sólo tres modelos de ladrillos especiales diferentes.

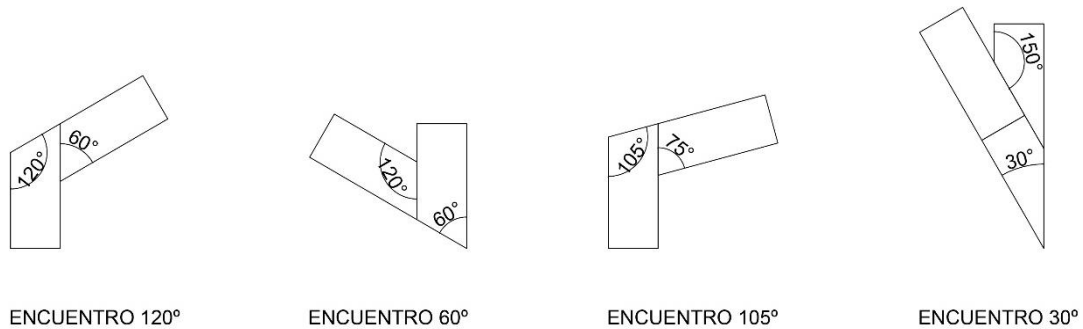


Figura 36. Modelos de encuentros de los ladrillos.

Los huecos de fachada de menores dimensiones y puertas de acceso al exterior pivotantes serán de aluminio modelo Master Line 8XL de Reynaers. Este sistema con su rotura térmica de 40 mm con un valor  $U_f$  de 1,5 W/m<sup>2</sup> asegura un excelente rendimiento para las condiciones más severas.



Figura 37. Master line 8 window (Reynaers, 2021)



Figura 38. Master line 8 XL Pivot Door (Reynaers, 2021)





Figura 39. Aplicación en vivienda carpintería Reynaers(l). (Reynaers,2021)



Figura 40. Aplicación en vivienda carpintería Reynaers(l). (Reynaers,2021)

La pirámide de acceso estará realizada mediante vidrio laminado con capa intermedia estructural Sentry Glass Plus.



Figura 41. Vidrio laminado con Sentry Glass Plus (Control glass, 2017)

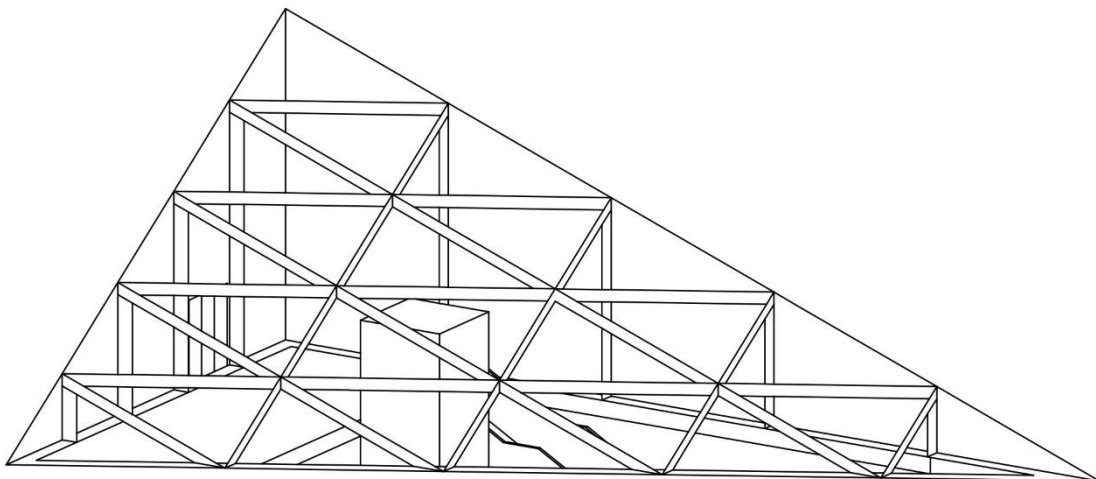


Para la construcción de la pirámide de acceso al edificio se plantea una estructura íntegramente en vidrio, como el cubo de Apple en la Quinta Avenida de Nueva York reconstruido en 2011 como referencia, dado que después de analizar diferentes diseños este parece el más evolucionado.



*Figura 42. Cubo de Apple en la Quinta Avenida de Nueva York (Apple, 2019)*

Para construir este volumen de casi 28x16x10 metros se divide la envolvente en paneles de menor tamaño. En las caras verticales encontramos diez vidrios en forma de trapecios rectángulos de máximo 5,55x10 metros, cinco en cada una y la cara inclinada está compuesta por veinticinco vidrios triangulares de 5,8x3,5 metros. Estos vidrios estarán compuestos a su vez por tres láminas especiales de 1,2 cm de grosor cada una que garantizan que no se pueda romper la pirámide.



*Figura 43. Perspectiva de la pirámide de vidrio.*

Para soportar y dar rigidez a las caras de la pirámide se colocan montantes perpendiculares en las uniones de los paneles, estos montantes serán de un vidrio quintuple de 6 cm de grosor en total y tendrán un ancho de 50 cm. Las caras verticales solo contarán con montantes en una dirección debido a que, la estabilidad de la geometría, hacen innecesarios

arriostramientos en más direcciones. Sin embargo, en la cara inclinada habrá montantes en tres direcciones.

La conexión de los paneles y montantes se lleva a cabo mediante un evolucionado sistema casi imperceptible de inserciones metálicas de titanio, que se introducen dentro del vidrio laminado, logrando juntas completamente empotradas muy resistentes y que prácticamente no afectan a la transparencia de la pirámide ya que miden diez centímetros.

## 7.4. Cubiertas

En los espacios de Salón de Actos y Sala de Exposiciones la formación de cubierta se realizará mediante panel sándwich metálico de 140 mm de espesor con núcleo aislante de poliestireno expandido, sobre correas metálicas de acero laminado S275. Rastreles de madera de pino de 40 x 40 mm y lámina impermeabilizante de barrera de vapor sobre tablero aglomerado hidrófugo machimbrado de 2 mm y revestimiento de acabado en chapa de zinc de 0,7 mm de espesor con sistema de fijación a junta alzada doble.

El resto del edificio se diseña con una cubierta transitable invertida formada por hormigón aligerado de pendiente, lámina impermeabilizante de PVC de 1,2 mm de espesor, protegida por geotextil, plots regulables de PVC sobre recocado de mortero y acabado exterior con pavimento de losas de granito de 5 cm de espesor.

Para el diseño y dimensionado de los elementos de evacuación de la cubierta se siguen las indicaciones del documento de Salubridad del Código Técnico de la Edificación.

Teniendo en cuenta la intensidad pluviométrica de Madrid y la gran superficie de cubierta a evacuar se divide la planta en tres evacuaciones distintas. La cubierta plana de más de 3500m<sup>2</sup>, que como ya se ha mencionado anteriormente se diseña con un pavimento plano suspendido sobre plots, se divide en pequeños cuadrantes de aproximadamente 150m<sup>2</sup> en pendiente hacia un sumidero, que conecta con una bajante pegada a los pilares y por el interior de la fachada para no ser visibles en el espacio inferior. El agua que caiga en la superficie de la pirámide ira también a parar a los sumideros de la cubierta plana.

Por su parte las cubiertas inclinadas del salón de actos y la sala de exposiciones evacúan el agua en el pesebrón que tienen en su borde inferior con bajantes que llevan el agua por el interior del edificio de igual forma que las anteriores.

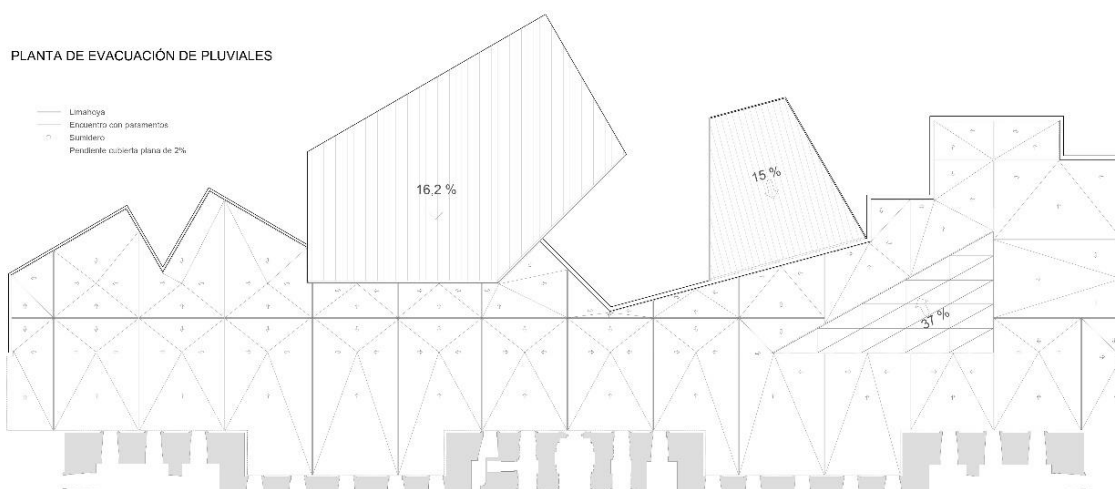


Figura 44. Planta de pluviales.



## 7.5. Compartimentación y revestimientos

La tabiquería de separación de dependencias será de doble capa de cartón-yeso con subestructura metálica y aislamiento interior, tipo Pladur, ya que permiten sustentar paredes altas y de poco espesor.

El Salón de Actos, singularmente en su acceso, dispondrá de tabique con caras exteriores de tablero de madera con subestructura metálica.

Los alicatados y pavimentos de cuartos húmedos serán de plaqueta de gres porcelánico recibido con adhesivo.

Los pavimentos en general son de resina autonivelante con imprimación sika floor 156 sobre mortero base de cemento alisado sobre film de poliestileno reticular. Con excepción de la zona de administración y cafetería que serán de tarima de madera de haya, y la guardería con suelo especial de goma.

El edificio dispondrá de falso techo acústico de virutas de madera de 20 mm espesor, producto que combina las propiedades naturales de la madera, como su atractivo aspecto y calidez, además de su alta durabilidad, con altas prestaciones térmicas, acústicas y de protección frente al fuego.

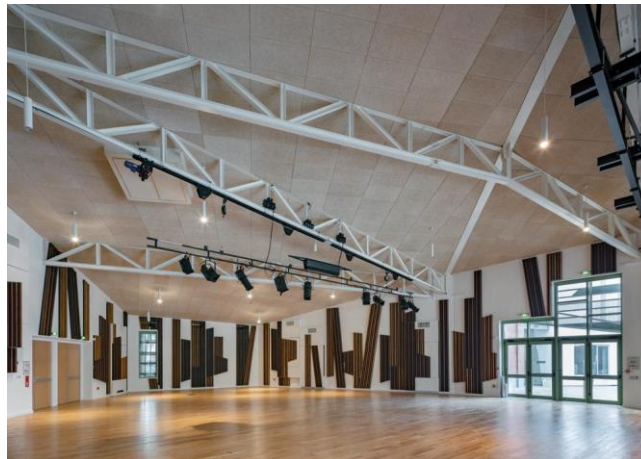


Figura 45. Pabellón con falso techo acústico (Arquitectura viva, 2019)

El Salón de Actos llevará paneles de falso techo acústico de tablero de madera curvo de 10 mm con incisiones tipo Linar de Decustik. Las incisiones del modelo LINAR son regulares y continuas en su superficie. Como efecto visual este ranurado crea una superficie tranquila y homogénea.

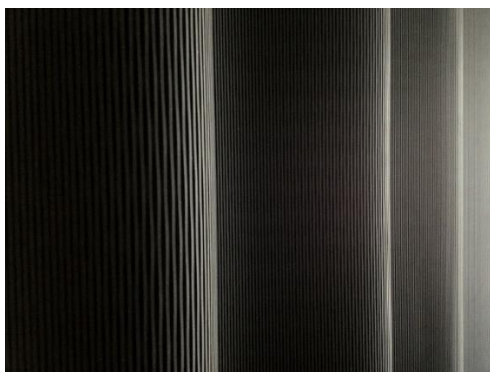


Figura 46. Modelo LINAR Decustik (Decustik, 2020)

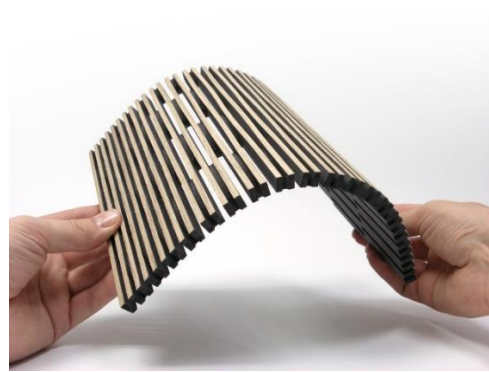


Figura 47. Demostración modelo LINAR Decustik (Decustik, 2020)

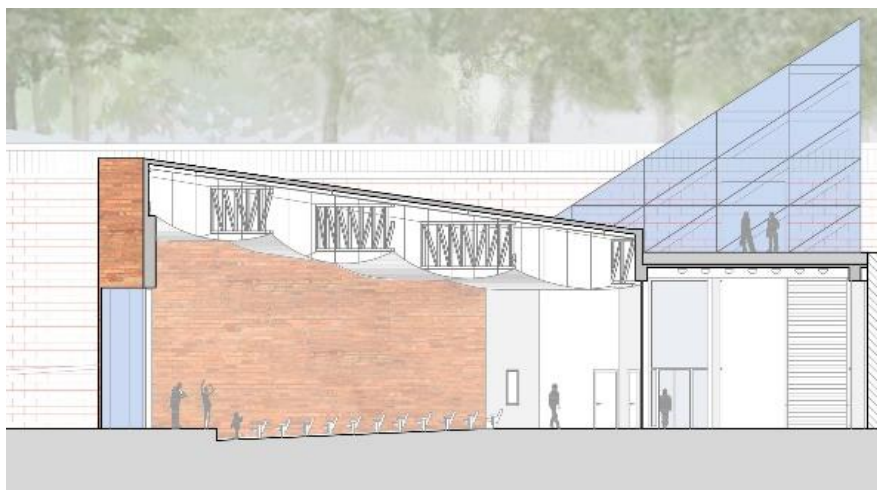


Figura 48. Sección del Salón de Actos.

El restaurante contará con elementos de iluminación fonoabsorbentes tridimensionales fijados al techo, realizados con tecnología Snowsound, con luz LED integrada. Cada elemento dispone de 3 cables de acero cromado para la suspensión del techo unidos a una única placa central. La línea extremadamente liviana del TL esconde en su interior la tecnología Snowsound que hace posible la absorción del ruido.



Figura 49. Elemento de iluminación TL de Caimi Brevetti S.p.A. (Archello, 2021)

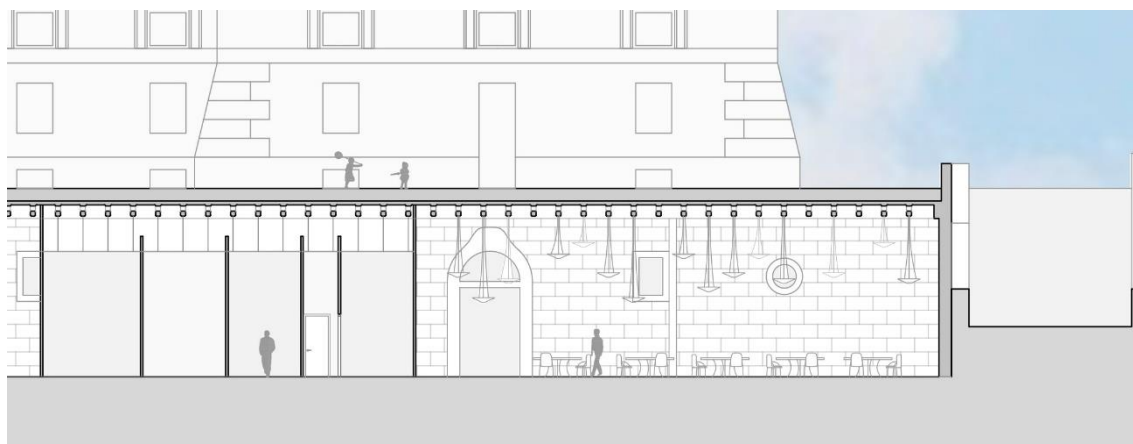


Figura 50. Sección del restaurante.



## 8. Estructura

Se han diferenciado dos tipos de sistemas, por una parte, los edificios de Salón de Actos y Sala de Exposiciones con una estructura metálica que permite unas luces más grandes y por otro el resto de la edificación con estructura de hormigón.

Así mismo en este apartado se describirá el proceso de cálculo seguido para la determinación de la cimentación y de ambas estructuras.

### 8.1. Cimentación

Se tienen en cuenta las prescripciones del CTE-SE-C, Seguridad Estructural: Cimientos. Para calcular tanto la cimentación, para ello se determinan las áreas tributarias y las cargas que reciben cada pilar, tanto de la estructura metálica como la de hormigón.

Se considera la presión admisible del terreno de  $250 \text{ kN/m}^2$ , hormigón HA25 y acero B500

Mediante la fórmula:  $N/A = \sigma$ , se obtiene el área de la zapata

Conocido este valor y las dimensiones del pilar, se saca el vuelo de la zapata  $V$ , y por tanto su canto  $h = V/2$ .

Para calcular el armado de la zapata es necesario saber el momento en el punto central de ésta, que se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$M = N \cdot V / 4.$$

Así, y aplicando la fórmula:  $A_s = M / (f_s \cdot 0,8 \cdot h)$  se logra conocer el área necesaria de armadura, siendo:

- $A_s$  = área de armadura ( $\text{cm}^2$ )
- $M$  = momento ( $\text{kNm}$ )
- $f_s$  = tensión segura a tracción o compresión ( $43 \text{ kN/cm}^2$ ) para acero B500
- $h$  = canto zapata (m)

En los apoyos centrales se utilizan zapatas cuadradas y en las zonas medianeras se transforman en rectangulares que se agrupan en medidas múltiplos de 10 cm, tomando como resultados los reflejados en la siguiente tabla:



CUADRO DE ZAPATAS Presión admisible del terreno = 0,25 N/mm <sup>2</sup>						
TIPO	REF.PILAR	X(m)	Y(m)	H(m)	ARMADURA EN X	ARMADURA EN Y
ESQUINA	1	1,15	1,15	0,60	5Ø12c/20	5Ø12c/20
	14	1,20	1,20	0,60	6Ø12c/20	6Ø12c/20
MEDIANERA	2,3,4,5,6,8,9,11	2,40	1,20	0,60	5Ø16c/20	8Ø16c/29
	7,10,12,13	2,80	1,40	0,60	6Ø12c/20	17Ø12c/20
	15-40	1,10	2,20	0,60	9Ø12c/25	5Ø12c/25
	30	1,35	2,70	0,60	12Ø16c/25	6Ø16c/25
CENTRADA	16,17,33	1,80	1,80	0,60	8Ø16c/25	8Ø16c/25
	18,27	2,00	2,00	0,60	9Ø16c/20	9Ø16c/20
	21,31,35,37,38,39 40,41,43,44,45	1,10	1,10	0,60	3Ø12c/30	3Ø12c/30
	19,20,23,26-73,42	1,20	1,20	0,60	3Ø12c/30	3Ø12c/30
	22,24,34,36	1,40	1,40	0,60	6Ø12c/25	6Ø12c/25
	25,32	1,60	1,60	0,60	7Ø12c/20	7Ø12c/20
	28	2,60	2,60	0,60	17Ø16c/15	17Ø16c/15
	29	2,40	2,40	0,60	15Ø16c/15	15Ø16c/15
	55	0,70	0,70	0,60	4Ø12c/20	4Ø12c/20
RECTANGULAR	DE 47 A 54 DE 56 A 63	0,80	1,20	0,60	4Ø12c/30	3Ø12c/25
	DE 64 A 73	1,10	0,60	0,60	3Ø12c/25	4Ø12c/30

Las zapatas se arriostran al menos en dos direcciones y en todo el perímetro del edificio con una viga riostra, y en los casos de las zapatas medianeras vigas centradoras de sección 0,5 x 0,5 m.

## 8.2.Descripción estructura Metálica

Teniendo en cuenta las dimensiones y altura de los espacios singulares del Salón de Actos como la Sala de exposiciones se empleará una estructura metálica formada por perfiles HEB de acero laminado en los pilares y cerchas formadas por perfiles cuadrados huecos de acero S275, unidas con correas en forma de Z de 200 mm separadas 1,5 m.

El diseño en pórticos de grandes luces permite que la estructura se adapte a la organización de los espacios sin pilares intermedios.

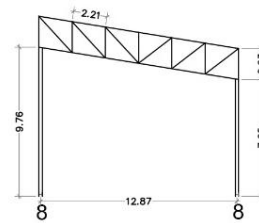
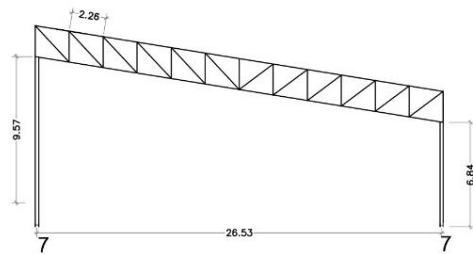
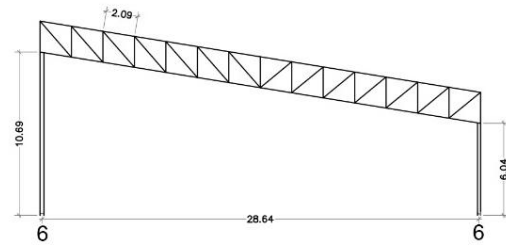
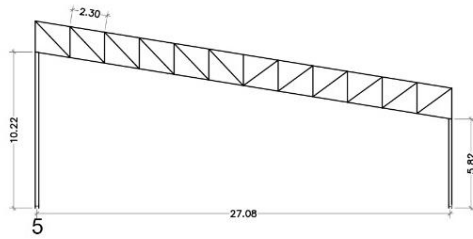
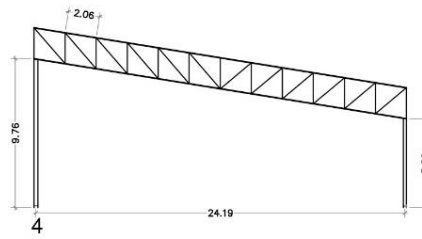
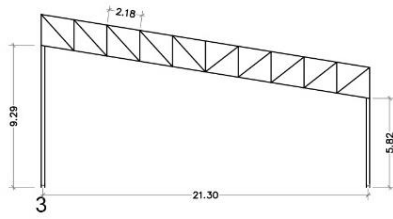
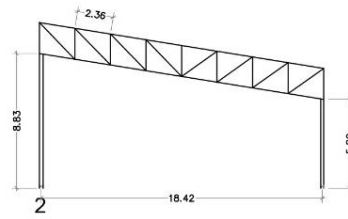
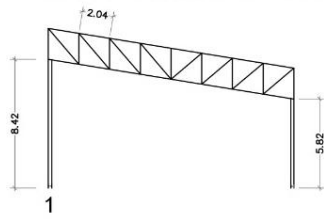
Por razones de practicidad y ya que la estructura metálica de la Sala de exposiciones es vista se decide que todas las cerchas tengan el mismo canto 2 metros, para que descuelguen lo mismo. Se dimensionan las barras de un pórtico de tamaño medio y del más grande en ambos espacios para unificar el tamaño de los perfiles en cuatro tipos. De tal forma que en la Sala de exposiciones se calcula el pórtico nº 3 que sirve de base para los pórticos 1, 2 y 8, y el nº6 para los numerados 4, 5 y 7. Y para el Salón de Actos el pórtico nº 1 que sirve de base para el pórtico 2, y el nº 3 para los pórticos 4 y 5.

Las cerchas se separan entre si 5 metros, haciendo falta 8 para la Sala de exposiciones y 5 para el Salón de Actos, tras el cálculo los pórticos tendrán las siguientes dimensiones y divisiones:

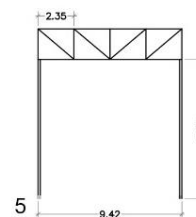
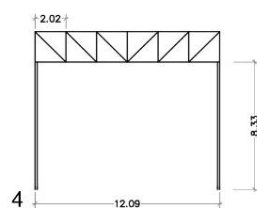
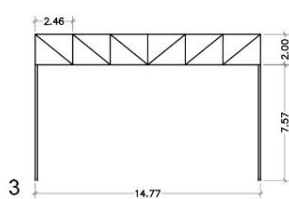
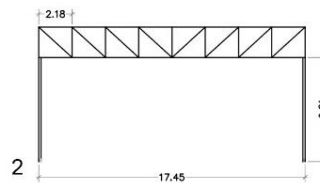
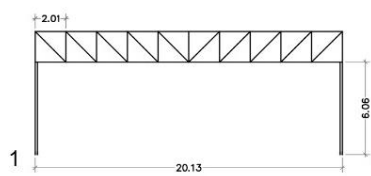




## SALA DE EXPOSICIONES



## SALÓN DE ACTOS



Además, para rigidizar la estructura se colocan cruces de San Andrés, como se ve en la panta de estructuras del plano 12, y en los paramentos verticales de la sala de exposiciones, entre los pilares 56-57 y 54-55, y en el salón de actos, entre los pilares 67-68 y 69-70.

### **8.2.1. Normativa.**

La normativa aplicada para el cálculo de los elementos estructurales será:

- El Documento Básico de Seguridad Estructural – Acero (DB SE-A)
- El Documento Básico Seguridad Estructural – Acciones de la Edificación (DB SE-AE).
- El EHE-08 Introducción de Hormigón Estructural.

### **8.2.2. Método de trabajo.**

Para el dimensionado de estos pórticos se ha empleado el programa CYPE, concretamente el módulo CYPE 3D. En dicho programa se ha introducido la geometría de los pórticos, así como las condiciones de contorno y las uniones entre perfiles.

Para realizar las comprobaciones estructurales requeridas por el CTE es necesario determinar las acciones permanentes que actúan sobre la estructura y las acciones variables.

En cuestión de acciones permanentes se ha fijado 2 kN/m<sup>2</sup> como carga asociada al peso de las correas, falso techo y panel sándwich que conforman la cubierta.

Por otro lado, para determinar las acciones variables se ha seguido lo descrito en el Documento básico SE-AE (Seguridad Estructural Acciones en la edificación). De esta manera se han determinado acciones asociadas a la sobrecarga de uso para cubiertas accesibles solo para conservación y acciones derivadas del viento y la nieve en la ciudad de Madrid.

De esta manera para la estructura metálica de cubierta no transitable tenemos:

- Peso asociado al a cubierta = 2 kN / m<sup>2</sup>
- Sobrecarga de uso: mantenimiento 1 kN / m<sup>2</sup>
- Sobrecarga de nieve: 0,6 kN / m<sup>2</sup>
- Sobre carga de viento: A generar por el programa (CYPE3D)

Las acciones asociadas a la temperatura y a sismos no se han contemplado ya que ningún perfil empleado excede los 40 m de longitud y que la ubicación de la obra a realizar tiene una aceleración sísmica de cálculo menor de 0,04 g de acuerdo con lo establecido en la NSCE.

Al margen de estas comprobaciones se han fijado unos valores de flecha máxima en la componente vertical de las cerchas igual a la longitud / 300.

## **8.3.Descripción estructura de Hormigón**

Se utiliza una estructura de hormigón formada por pilares y vigas de canto. Los forjados serán unidireccionales de hormigón armado con molde en forma de T, aligerados, tipo HO-LEDECK Ho-One 45 con capa de compresión de 10 cm e intereje entre nervios de 1 m.

Por ser una pieza de grandes dimensiones se introducen en el proceso de cálculo las acciones producidas por la dilatación. No obstante, se plantea poder realizar juntas de dilatación en las líneas que unen los pilares 5 a 19 y 10 a 25, para minimizan su repercusión en el cálculo. Esto implica duplicar pilares o utilizar pasadores tipo CRET.



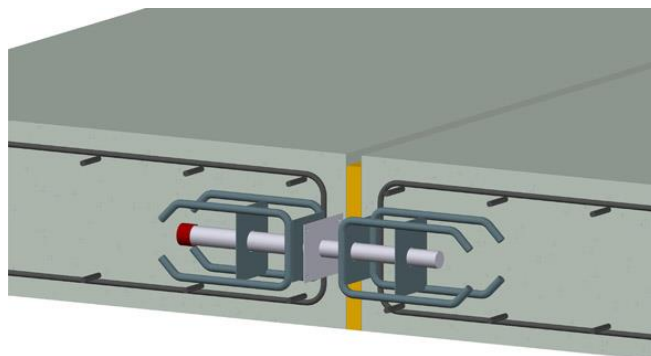


Figura 51. Conector para vigas (GEOCONNECT®, 2020)

### 8.3.1. Método de trabajo

Para el dimensionado de la estructura de hormigón, al igual que con la metálica se utilizará el programa CYPE, concretamente el módulo CYPECAD que nos sirve para el dimensionado de estructuras de hormigón. En dicho programa, se introduce la planta del proyecto con las posiciones donde se desea que se sitúen los pilares y a partir de ahí se modelará la estructura y comprobará que cumpla con los requisitos del EHE.

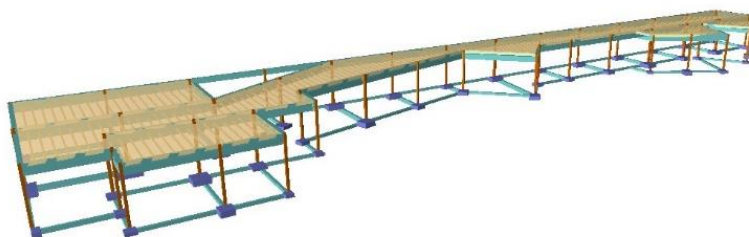


Figura 52. Modelado 3D de la estructura de hormigón en CYPECAD.

Se tienen en cuenta las indicaciones del CTE-SE-AE, Seguridad Estructural: Acciones en la Edificación para las comprobaciones de la estructura. De esta manera, se utilizan los siguientes datos de cargas para un espacio exterior transitable:

- Peso propio de forjado 45cm + 10cm = 3,40 kN / m<sup>2</sup>
- Solado: 1,5 kN / m<sup>2</sup>
- Sobrecarga de uso: espacio público 5 kN / m<sup>2</sup>
- Sobrecarga de nieve: 0,6 kN / m<sup>2</sup>
- Sobre carga de viento: A generar por el programa (CYPECAD)

### 8.3.2. Dimensionado de pilares

Se tienen en cuenta las indicaciones del CTE, que se remite al EHE-08, Estructuras de Hormigón Armado, tanto para el dimensionado de pilares, vigas y forjados.

Una vez obtenidas las áreas tributarias se calculan las fuerzas normales en cada pilar mediante la fórmula  $N = q \times A_t$ , añadiendo el peso de los antepechos y la pirámide de vidrio del acceso donde corresponda, siendo:

- $N$  = fuerza normal (kN)
- $q$  = carga superficial por planta (kN/m<sup>2</sup>)
- $A_t$  = área tributaria del pilar (m<sup>2</sup>)

Se tendrá en cuenta la acción gravitatoria según la disposición del pilar en el pórtico, el esfuerzo del viento donde sea necesario por su dimensión, así como el esfuerzo producido por la dilatación como valor de excentricidad, aplicando en todo caso una excentricidad mínima.

De este modo, conociendo  $N$  y  $e$ , obtenemos el dimensionado definitivo del pilar mediante las tablas basadas en la norma EHE. Los materiales utilizados son hormigón HA25 y acero B500. Se aplica un coeficiente de mayoración a las acciones de 1,4, en situación ordinaria, para sólo acciones gravitatorias.

### 8.3.3. Cálculo de vigas


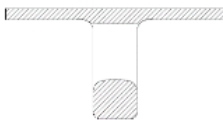
Los cálculos llevados a cabo en el modelo de CYPE se realizan teniendo en cuenta las cargas y condiciones de contorno. Se calcula el momento máximo en el vano partiendo del momento isostático para cada tramo de viga y con estos valores se procede al armado de las vigas. Posteriormente se dimensionan los estribos para absorber el esfuerzo cortante y se comprueba que la deformación por flecha sea menor de 1/500.

Como resultado final, tras dimensionar el conjunto se obtienen diferentes tipos de vigas de tamaños variables. Todas las vigas tienen 50 cm de ancho, pero el canto depende de las condiciones de cada viga (carga, ubicación, luz...) y por tanto se obtienen diferentes tipos que van desde los 70 cm hasta 100 cm de canto.

### 8.3.4. Cálculo de forjado unidireccional

Se diseña un forjado unidireccional de hormigón armado con molde en forma de T, aligerado tipo HOLEDECK Ho-One 45.

#### PROPIEDADES GEOMÉTRICAS Y MECÁNICAS HOLEDECK Ho-One

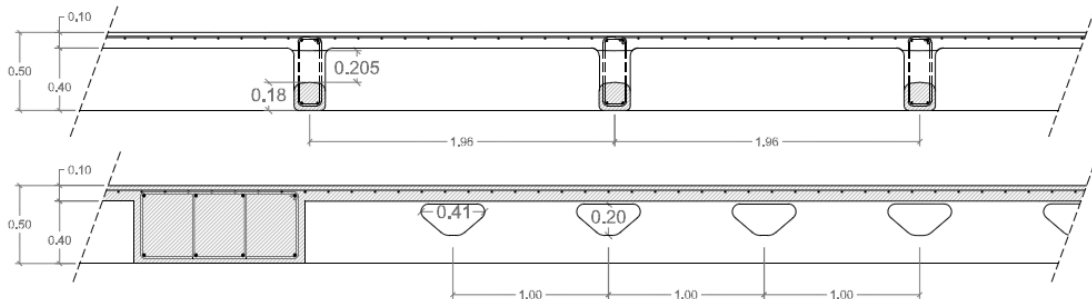
SECCIÓN PERFORADA		Ho-One 30		Ho-One 45	
					

Canto del molde	Espesor de capa de compresión	Canto total	Distancia entre ejes de nervios máxima recomendada	Anchura de nervio inferior	Superficie hueco	Separación entre huecos	Área sección perforada	Distancia cdg desde arriba	Momento de inercia sección perforada	Módulo de flexión elástico	Consumo de hormigón	Peso
$h$	$c$	$H$	$S$	$b$	$cm^2$	$s$	$A'$	cdg sup	$I'$	$W_{el,y'}$	$m^3/m^2$	$kN/m^2$
$cm$	$cm$	$cm$	$cm$	$cm$	$cm^2$	$cm$	$cm^2$	$cm$	$cm^4$	$cm^3$	$m^3/m^2$	$kN/m^2$
30	5	35	100	15	409.2	75	703	9.0	91872	3530	0.078	1.95
	7	37	140	15	409.2	75	1183	7.5	114488	3883	0.090	2.25
	10	40	200	15	409.2	75	2206	7.3	149346	4566	0.114	2.85
	12	42	240	15	409.2	75	3083	7.7	180184	5254	0.132	3.30
	15	45	300	15	409.2	75	4703	8.7	248616	6846	0.159	3.98
45	5	50	100	20	877.7	100	879	17.6	319428	9851	0.122	3.05
	7	52	140	20	877.7	100	1359	13.5	412308	10717	0.123	3.08
	10	55	200	20	877.7	100	2379	11.0	518638	11778	0.136	3.40
	12	57	240	20	877.7	100	3259	10.5	584818	12569	0.150	3.75
	15	60	300	20	877.7	100	4879	10.6	697374	14118	0.174	4.35



Se toma como acciones para el cálculo ante cargas gravitatorias: peso propio, solado, sobrecarga de uso y nieve.

Se escoge un canto de 45 cm para abarcar las luces del proyecto con capa de compresión de 10 cm e interje entre nervios de 1m.



Aplicando las fórmulas para los nervios isostáticos el valor máximo es

$$\text{Momento de vano simplemente apoyado} \quad M_d = q_d \cdot L^2 / 8$$

En los tramos en continuidad, para un nervio, tomando como modelo el cálculo plástico de vigas continuas y mediante la regla de máxima redistribución posible de EHE-08, con carga uniforme tomamos como momento de cada tramo

$$\text{Tramo interior} \quad M_d = q_d \cdot L^2 / 16$$

$$\text{Tramo extremo sin vuelo} \quad M_d = q_d \cdot L^2 / 11,5$$

A efectos de armadura inferior se adopta como momento mínimo la mitad del momento isostático del tramo, centrado en al menos un 60% de la luz y a efecto de armadura superior, en los extremos apoyados un cuarto del momento de vano en al menos un 10% de la luz.

Para comprobar la capacidad a flexión se debe cumplir  $M_d = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$ , tomando como palanca de brazo 0,80h para la tracción superior y 0,90h para la tracción inferior. Acero B500.

Se dimensionan por tramos de forjado. Se obtienen los resultados siguientes:

Tramo	posición	luz	momento vano	Mv ·1,4	As superior	As inferior
5-6,19-21	A	8,28	89,98	125,98	7,32 2 ø 20	5,81 2 ø 20
10-27,25-26	A	10,96	157,66	220,72	12,83 2 ø25+1 ø16	9,70 3 ø 20
27-28,31-32	A	12,6	208,37	291,72	16,96 3 ø 25	13,46 3ø 25
7-8,21-23	A	13,69	245,98	344,38	20,02 4 ø 25	14,91 3 ø 25
1-4,15-18	E	8,28	62,60	87,64	5,10 2 ø 16	4,02 2 ø 16
17-18,44-45	E	11,9	129,30	181,01	10,52 3 ø 20	8,35 3 ø 20
12-14,29-30	E	12,01	131,70	184,38	10,72 3 ø 20	8,51 3 ø 20
29-30,38-39	E	12,39	140,16	196,23	11,41 2 ø25	9,05 3 ø 20
32-34,35-37	E	10	91,30	127,83	7,43 2 ø 20	5,90 2 ø 20
28-29,32-34	I	7,29	34,88	48,83	2,84 1 ø 20	2,45 1ø 20

- A= Apoyado
- E= Extremo
- I= Interior

La capa de compresión llevara una malla de ø 5 cada 20 cm computable a efectos resistentes.

Se comprueba la deformación por flecha para valor de 1/500.



## 9. Bibliografía

### 9.1. Normas, directivas, decretos y reglamentos

CTE DB-SE Ahorro de energía. Código Técnico de la Edificación, Documento Básico Seguridad estructural.

CTE DB-SE Ahorro de energía. Código Técnico de la Edificación, Documento Básico Seguridad estructural, Acero.

CTE DB-SE Ahorro de energía. Código Técnico de la Edificación, Documento Básico Seguridad estructural, Acciones en la edificación.

EHE-08 Instrucción de hormigón estructural.

### 9.2. Libros/Monografías

MANGADO, F. *Francisco Mangado Arquitectura 2007-2008*. Valencia: TC Cuadernos, 2018. ISBN 978-84-948240-0-5

NAVARRO BALDEWEG, J. *Juan Navarro Baldeweg. Intervención en un campo de energía*. El Escorial, Madrid: El Croquis ediciones, 2006.

FERNÁNDEZ COBIÁN, E. *Fray Coello de Portugal. Dominico y arquitecto*. Salamanca: Editorial San Esteban, 2001. ISBN 84-8260-097-4

### 9.3. Catálogos

HOLEDECK *Ho- One ES* [catálogo]. Madrid: Holedeck, 2018.

### 9.4. Sitios web

Apple [sitio Web]. 2019. *Apple Fifth Avenue: el cubo ha vuelto*. Consulta 24-05-2021. Disponible en: <https://www.apple.com/es/newsroom/2019/09/apple-fifth-avenue-the-cube-is-back/>

Archello [sitio Web]. 2021. Consulta 24-05-2021. Disponible en: <https://archello.com/es/product/tl#product-description>

Arquitectura viva [sitio Web]. 2019. Madrid, España. Consulta 12-05-2021. Disponible en: <https://arquitecturaviva.com/obras/le-pavillon-en-romainville>

Control glass [sitio Web]. 2017. *Sentry glass*. Consulta 24-05-2021. Disponible en: <http://www.controlglass.com/laminated-glass/structural-glass/sentry-glass/>

Geografía infinita [sitio Web]. 2016. Madrid, España. *La evolución urbana de la ciudad de Madrid*. Consulta 24-05-2021. Disponible en: <https://www.geografiainfinita.com/2016/01/historia-del-plano-de-madrid/>

GEOCONNECT® [sitio Web]. 2020. Zaragoza, España. Consulta 12-6-2021. Disponible en: <https://www.steelfb.com/products/conectores-geoconnect%C2%AE-para-juntas-estructurales/>

HISTORIA DEL ARTE: temas, imágenes y comentario [sitio Web]. 2017. Madrid, España. *Palacio Real de Madrid*. Consulta 24-05-2021. Disponible en: <https://temasycomentariosarte-paeg.blogspot.com/p/palacio-real-de-madrid.html>

Madrid Histórico [sitio Web]. 2003. Madrid, España. *Historia de Madrid. Crecimiento urbano*. Consulta 24-05-2021. Disponible en: <http://www.madridhistorico.com/>

Patrimonio nacional [sitio Web]. 2020. Madrid, España. Consulta 11-04-2021. Disponible en: <https://www.patrimonionacional.es/visita/palacio-real-de-madrid>

Reynaers Aluminium [sitio Web]. 2021. Duffel, Bélgica. Consulta 15-05-2021. Disponible en: <https://www.reynaers.es/es-ES/home>

Riventi [sitio Web]. 2015. Burgos, España. Consulta 15-05-2021. Disponible en: <http://www.riventi.net/tipos-de-muro-cortina/>

Decustik [sitio Web]. 2020. *Panel acústico Flexible Wood*. Torelló, España. Consulta 15-05-2021. Disponible en: <https://www.decustik.com/es/paneles-acusticos-curvados>

Viendo Madrid [sitio Web]. 2010. Madrid, España. *Las reales caballerizas*. Consulta 24-05-2021. Disponible en: <https://www.viendomadrid.com/2010/12/las-reales-caballerizas.html#axzz6voHqXkJs>





## ANEXO I – CÁLCULOS DE CYPE

En el presente anexo se muestran los cálculos realizados con el programa CYPE, concretamente los módulos CYPE 3D para los pórticos metálicos y CYPECAD para la estructura de hormigón, para el dimensionamiento y comprobación de la estructura.

A fin de no alargar en exceso el documento de la memoria se muestra únicamente un ejemplo de cada tipo y se adjunta una versión resumida de las comprobaciones usando diagramas.

### Estructura metálica

Como ejemplo se decide mostrar algunos cálculos del pórtico A3 correspondiente a la cercha del centro en el Salón de Actos:

#### **Normas consideradas**

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables.

#### **Estados límite**

E.L.U. de rotura. Acero laminado	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

#### **Situaciones del proyecto**

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definen de acuerdo con los siguientes criterios:

#### **Con coeficientes de combinación**

#### **Sin coeficientes de combinación**

Donde:

- $G_k$ : Acción permanente
- $P_k$ : Acción de pretensado
- $Q_k$ : Acción variable
- $\gamma_G$ : Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- $\gamma_P$ : Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
- $\gamma_{0,1}$ : Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $\gamma_{0,i}$ : Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- $\psi_{p,1}$ : Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\psi_{a,i}$ : Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:



## E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

## Desplazamientos

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

A continuación, se muestran las comprobaciones realizadas para una barra concreta:

**Bara N14/N15**  
**Perfil: SHS 100x3.0**  
**Material: Acero (S275)**

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N14	N15	2.460	11.40	176.77	176.77	278.63
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	2.460	2.460	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

#### **Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras traccionadas no debe superar el valor 3.0.

$$\bar{\lambda} : \underline{0.72} \quad \checkmark$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\underline{A} : \underline{11.40} \text{ cm}^2$$

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\underline{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\underline{N_{cr}} : \underline{605.42} \text{ kN}$$

#### **Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\underline{31.33} \leq \underline{418.82} \quad \checkmark$$

#### **Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.860} \quad \checkmark$$

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.068} \quad \checkmark$$

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$31.33 < 64.71 \quad \checkmark$$

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.11 \text{ kN} \leq 42.64 \text{ kN} \quad \checkmark$$





**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.925} \quad \checkmark$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>ésimos</sub> se producen en el nudo N14, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 0.9 \cdot V1 + 0.9 \cdot V4H + 1.5 \cdot N1$ .

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sub>ésimo</sub>  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>ésimos</sub> se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V2 + 1.5 \cdot V4H$ .

$$0.11 \text{ kN} \leq 42.64 \text{ kN} \quad \checkmark$$

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

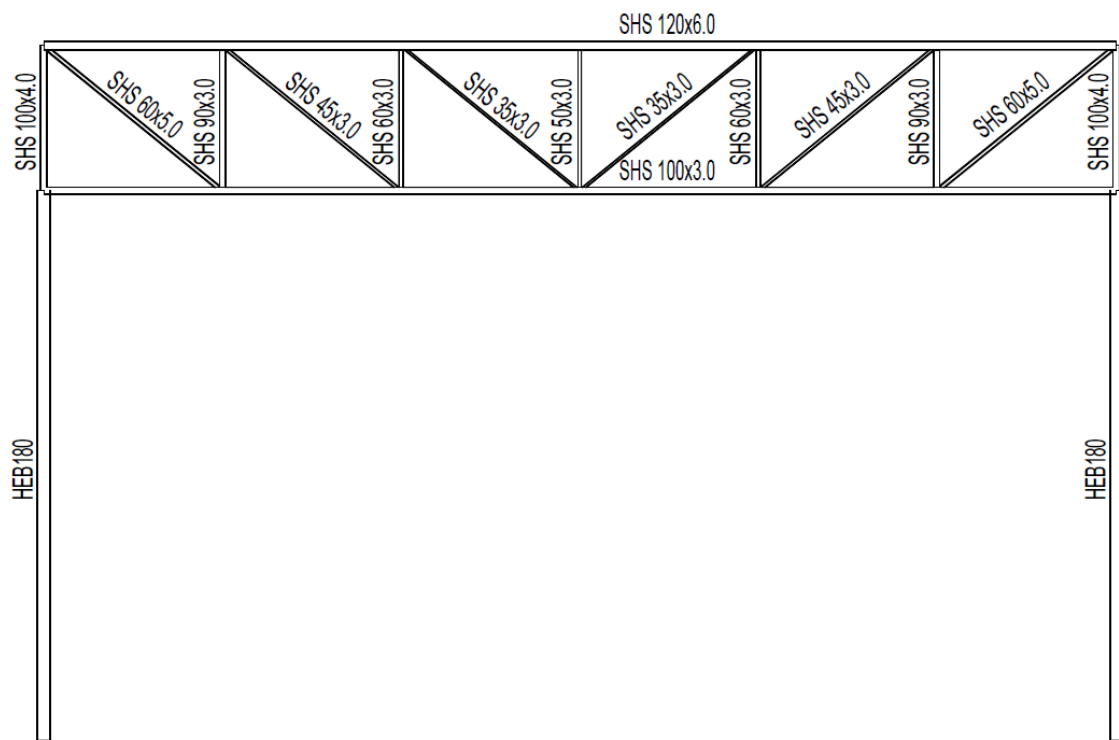
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

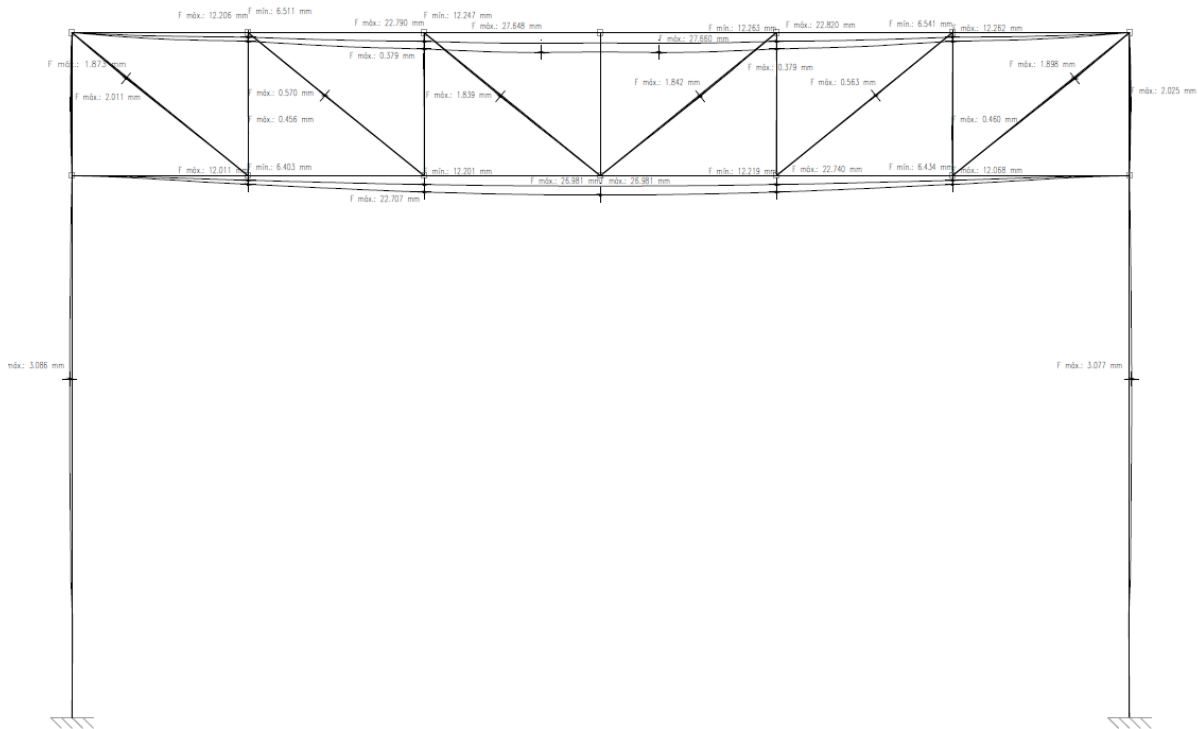
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



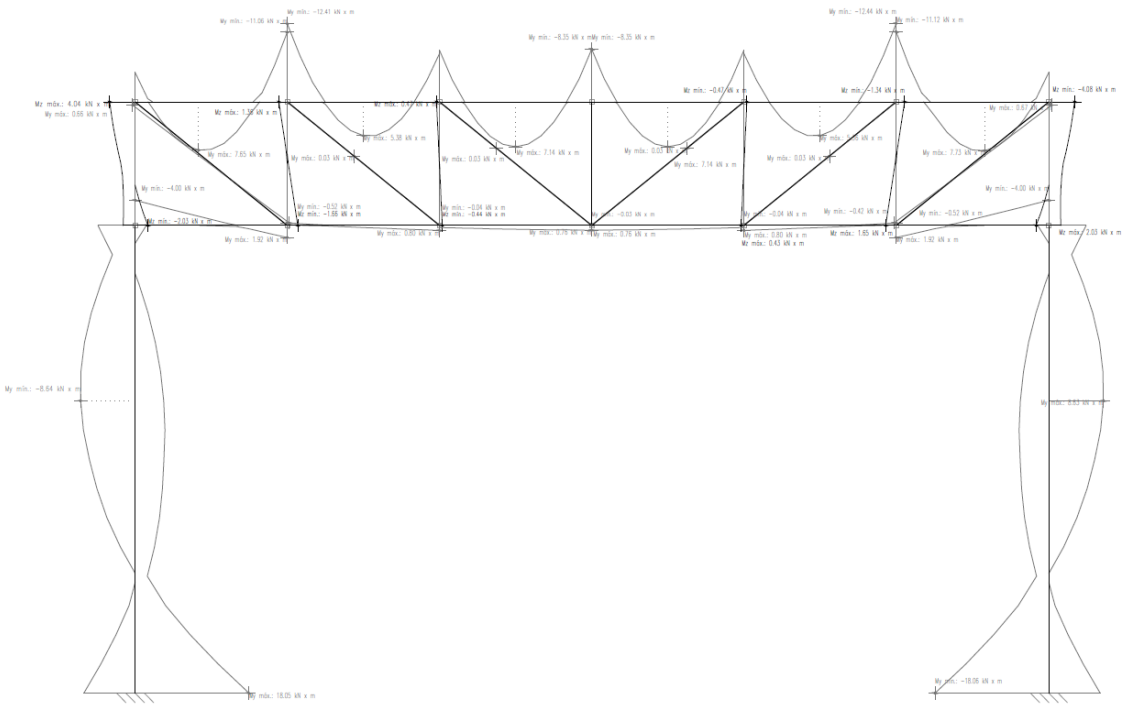
CERCHA A3



FECHA

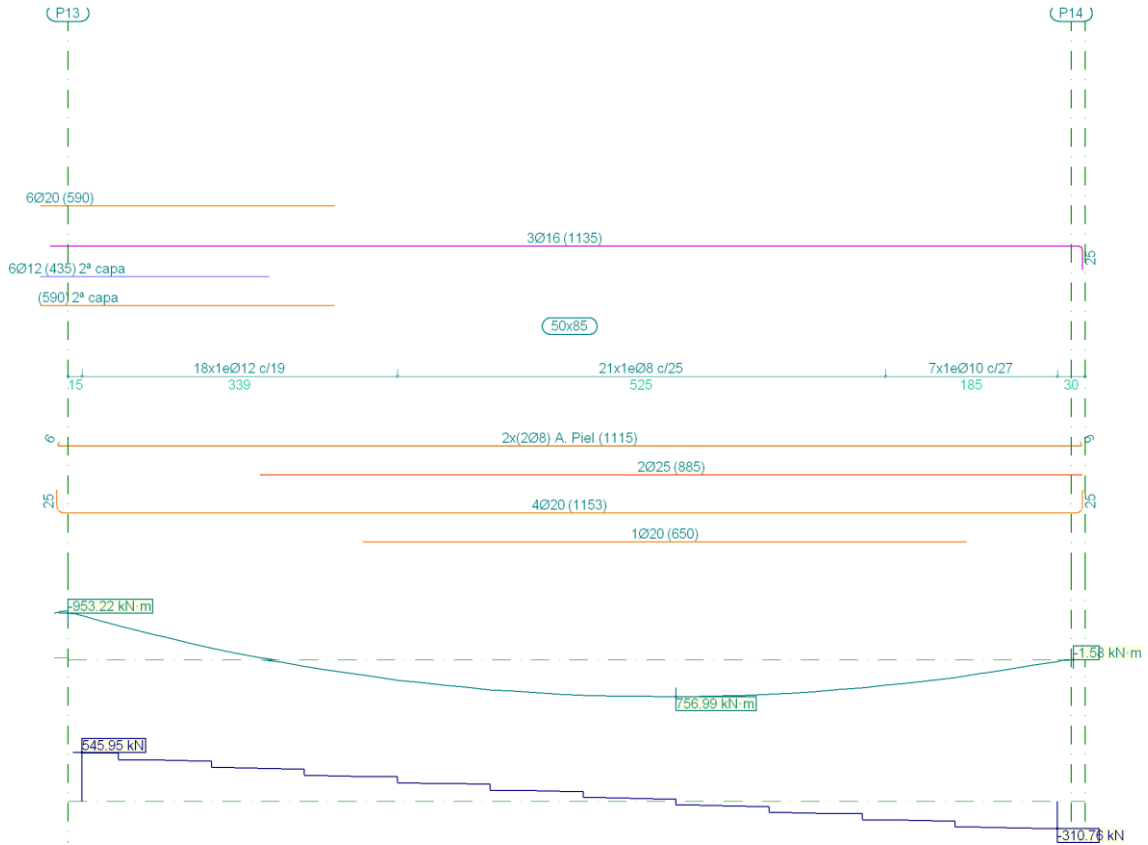


MOMENTOS



## Estructura de hormigón


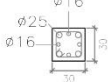
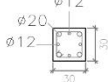



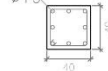
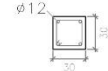


Como ejemplo se decide mostrar algunos cálculos de un pórtico, para ver el armado de un tramo de viga:



Pórtico 1		Tramo: P13-P14		
Sección		50x85		
Zona		1/3L	2/3L	3/3L
Momento mín.	[kN·m]	-913.62	--	--
	x [m]	0.00	--	--
Momento máx.	[kN·m]	411.84	756.99	720.58
	x [m]	3.39	6.39	7.14
Cortante mín.	[kN]	--	-51.49	-310.76
	x [m]	--	6.89	10.49
Cortante máx.	[kN]	545.95	202.84	--
	x [m]	0.00	3.64	--
Torsor mín.	[kN]	-16.62	--	--
	x [m]	0.00	--	--
Torsor máx.	[kN]	2.64	--	7.68
	x [m]	2.39	--	9.39

Pórtico 1			Tramo: P13-P14		
Sección			50x85		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Área Sup.	[cm²]	Rea I	41.09	6.03	6.03
		Nec .	31.36	0.00	0.00
Área Inf.	[cm²]	Rea I	24.34	25.53	25.53
		Nec .	17.32	23.67	23.67
Área Transv.	[cm²/ m]	Rea I	11.91	4.02	5.82
		Nec .	10.15	3.93	5.26
F. Sobrecarga			9.78 mm, L/1073 (L: 10.49 m)		
F. Activa			23.94 mm, L/438 (L: 10.49 m)		
F. A plazo infinito			25.67 mm, L/409 (L: 10.49 m)		

A continuación, se muestra una tabla de las dimensiones y armadura de pilares:

<p>P1=P14=P37=P38=P40</p>  <p>16/30</p> <p>16(102)</p> <table><tr><td colspan="3">Arm. Long.: 4ø16</td></tr><tr><td colspan="3">Arranque: 4ø16</td></tr><tr><td colspan="3">Estribos: ø6</td></tr><tr><td>Intervalo (cm)</td><td>Nº</td><td>Separación (cm)</td></tr><tr><td>530 a 700</td><td>17</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>23</td><td>20</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Arm. Long.: 4ø16			Arranque: 4ø16			Estribos: ø6			Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)	530 a 700	17	10	60 a 515	23	20	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P2=P36</p>  <p>16/30</p> <p>16(105)</p> <table><tr><td colspan="3">Arm. Long.: 4ø25+4ø16</td></tr><tr><td colspan="3">Arranque: 4ø25+4ø16</td></tr><tr><td colspan="3">Estribos: ø8</td></tr><tr><td>Intervalo (cm)</td><td>Nº</td><td>Separación (cm)</td></tr><tr><td>525 a 700</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>23</td><td>20</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Arm. Long.: 4ø25+4ø16			Arranque: 4ø25+4ø16			Estribos: ø8			Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)	525 a 700	18	10	60 a 515	23	20	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P3=P6=P20</p>  <p>12/30</p> <p>16(103)</p> <table><tr><td colspan="3">Arm. Long.: 4ø20+4ø12</td></tr><tr><td colspan="3">Arranque: 4ø20+4ø12</td></tr><tr><td colspan="3">Estribos: ø6</td></tr><tr><td>Intervalo (cm)</td><td>Nº</td><td>Separación (cm)</td></tr><tr><td>520 a 700</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>31</td><td>15</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Arm. Long.: 4ø20+4ø12			Arranque: 4ø20+4ø12			Estribos: ø6			Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)	520 a 700	18	10	60 a 515	31	15	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P4=P5=P9=P12</p>  <p>25/30</p> <p>16(105)</p> <table><tr><td colspan="3">Arm. Long.: 4ø25</td></tr><tr><td colspan="3">Arranque: 4ø25</td></tr><tr><td colspan="3">Estribos: ø8</td></tr><tr><td>Intervalo (cm)</td><td>Nº</td><td>Separación (cm)</td></tr><tr><td>530 a 700</td><td>17</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>18</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Arm. Long.: 4ø25			Arranque: 4ø25			Estribos: ø8			Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)	530 a 700	17	10	60 a 515	18	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P7=P17</p>  <p>12/40</p> <p>16(142)</p> <table><tr><td colspan="3">Arm. Long.: 8ø12</td></tr><tr><td colspan="3">Arranque: 8ø12</td></tr><tr><td colspan="3">Estribos: ø6</td></tr><tr><td>Intervalo (cm)</td><td>Nº</td><td>Separación (cm)</td></tr><tr><td>520 a 700</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>31</td><td>15</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Arm. Long.: 8ø12			Arranque: 8ø12			Estribos: ø6			Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)	520 a 700	18	10	60 a 515	31	15	0 a 60	10	6	Arranque	3	-
Arm. Long.: 4ø16																																																																																																																												
Arranque: 4ø16																																																																																																																												
Estribos: ø6																																																																																																																												
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)																																																																																																																										
530 a 700	17	10																																																																																																																										
60 a 515	23	20																																																																																																																										
0 a 60	10	6																																																																																																																										
Arranque	3	-																																																																																																																										
Arm. Long.: 4ø25+4ø16																																																																																																																												
Arranque: 4ø25+4ø16																																																																																																																												
Estribos: ø8																																																																																																																												
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)																																																																																																																										
525 a 700	18	10																																																																																																																										
60 a 515	23	20																																																																																																																										
0 a 60	10	6																																																																																																																										
Arranque	3	-																																																																																																																										
Arm. Long.: 4ø20+4ø12																																																																																																																												
Arranque: 4ø20+4ø12																																																																																																																												
Estribos: ø6																																																																																																																												
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)																																																																																																																										
520 a 700	18	10																																																																																																																										
60 a 515	31	15																																																																																																																										
0 a 60	10	6																																																																																																																										
Arranque	3	-																																																																																																																										
Arm. Long.: 4ø25																																																																																																																												
Arranque: 4ø25																																																																																																																												
Estribos: ø8																																																																																																																												
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)																																																																																																																										
530 a 700	17	10																																																																																																																										
60 a 515	18	30																																																																																																																										
0 a 60	10	6																																																																																																																										
Arranque	3	-																																																																																																																										
Arm. Long.: 8ø12																																																																																																																												
Arranque: 8ø12																																																																																																																												
Estribos: ø6																																																																																																																												
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)																																																																																																																										
520 a 700	18	10																																																																																																																										
60 a 515	31	15																																																																																																																										
0 a 60	10	6																																																																																																																										
Arranque	3	-																																																																																																																										
<p>P8=P39</p>  <p>20/30</p> <p>16(103)</p> <table><tr><td colspan="3">Arm. Long.: 4ø20</td></tr><tr><td colspan="3">Arranque: 4ø20</td></tr><tr><td colspan="3">Estribos: ø6</td></tr><tr><td>Intervalo (cm)</td><td>Nº</td><td>Separación (cm)</td></tr><tr><td>520 a 700</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>16</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Arm. Long.: 4ø20			Arranque: 4ø20			Estribos: ø6			Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)	520 a 700	18	10	60 a 515	16	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P10</p>  <p>16/40</p> <p>16(142)</p> <table><tr><td colspan="3">Arm. Long.: 8ø16</td></tr><tr><td colspan="3">Arranque: 8ø16</td></tr><tr><td colspan="3">Estribos: ø6</td></tr><tr><td>Intervalo (cm)</td><td>Nº</td><td>Separación (cm)</td></tr><tr><td>515 a 700</td><td>19</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>23</td><td>20</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Arm. Long.: 8ø16			Arranque: 8ø16			Estribos: ø6			Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)	515 a 700	19	10	60 a 515	23	20	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P11</p>  <p>12/30</p> <p>16(102)</p> <table><tr><td colspan="3">Arm. Long.: 4ø12</td></tr><tr><td colspan="3">Arranque: 4ø12</td></tr><tr><td colspan="3">Estribos: ø6</td></tr><tr><td>Intervalo (cm)</td><td>Nº</td><td>Separación (cm)</td></tr><tr><td>570 a 700</td><td>13</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 570</td><td>34</td><td>15</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Arm. Long.: 4ø12			Arranque: 4ø12			Estribos: ø6			Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)	570 a 700	13	10	60 a 570	34	15	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P13</p>  <p>25/30</p> <p>16(105)</p> <table><tr><td colspan="3">Arm. Long.: 8ø25</td></tr><tr><td colspan="3">Arranque: 8ø25</td></tr><tr><td colspan="3">Estribos: ø8</td></tr><tr><td>Intervalo (cm)</td><td>Nº</td><td>Separación (cm)</td></tr><tr><td>515 a 700</td><td>19</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>16</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Arm. Long.: 8ø25			Arranque: 8ø25			Estribos: ø8			Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)	515 a 700	19	10	60 a 515	16	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P15</p>  <p>25/30</p> <p>16(105)</p> <table><tr><td colspan="3">Arm. Long.: 4ø25</td></tr><tr><td colspan="3">Arranque: 4ø25</td></tr><tr><td colspan="3">Estribos: ø8</td></tr><tr><td>Intervalo (cm)</td><td>Nº</td><td>Separación (cm)</td></tr><tr><td>510 a 700</td><td>19</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 510</td><td>15</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Arm. Long.: 4ø25			Arranque: 4ø25			Estribos: ø8			Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)	510 a 700	19	10	60 a 510	15	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-
Arm. Long.: 4ø20																																																																																																																												
Arranque: 4ø20																																																																																																																												
Estribos: ø6																																																																																																																												
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)																																																																																																																										
520 a 700	18	10																																																																																																																										
60 a 515	16	30																																																																																																																										
0 a 60	10	6																																																																																																																										
Arranque	3	-																																																																																																																										
Arm. Long.: 8ø16																																																																																																																												
Arranque: 8ø16																																																																																																																												
Estribos: ø6																																																																																																																												
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)																																																																																																																										
515 a 700	19	10																																																																																																																										
60 a 515	23	20																																																																																																																										
0 a 60	10	6																																																																																																																										
Arranque	3	-																																																																																																																										
Arm. Long.: 4ø12																																																																																																																												
Arranque: 4ø12																																																																																																																												
Estribos: ø6																																																																																																																												
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)																																																																																																																										
570 a 700	13	10																																																																																																																										
60 a 570	34	15																																																																																																																										
0 a 60	10	6																																																																																																																										
Arranque	3	-																																																																																																																										
Arm. Long.: 8ø25																																																																																																																												
Arranque: 8ø25																																																																																																																												
Estribos: ø8																																																																																																																												
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)																																																																																																																										
515 a 700	19	10																																																																																																																										
60 a 515	16	30																																																																																																																										
0 a 60	10	6																																																																																																																										
Arranque	3	-																																																																																																																										
Arm. Long.: 4ø25																																																																																																																												
Arranque: 4ø25																																																																																																																												
Estribos: ø8																																																																																																																												
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)																																																																																																																										
510 a 700	19	10																																																																																																																										
60 a 510	15	30																																																																																																																										
0 a 60	10	6																																																																																																																										
Arranque	3	-																																																																																																																										



<p>P16</p> <p>106(142)</p> <p>Arm. Long.: 4016+4012 Arranque: 4016+4012</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>510 a 700</td><td>19</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 510</td><td>30</td><td>15</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	510 a 700	19	10	60 a 510	30	15	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P18</p> <p>408(42) 108(125)</p> <p>Arm. Long.: 4025+8016 Arranque: 4025+8016</p> <p>Estribos: 08</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>520 a 700</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 520</td><td>23</td><td>20</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	520 a 700	18	10	60 a 520	23	20	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P19</p> <p>106(103)</p> <p>Arm. Long.: 8020 Arranque: 8020</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>520 a 700</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 520</td><td>16</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	520 a 700	18	10	60 a 520	16	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P21</p> <p>106(103)</p> <p>Arm. Long.: 4020 Arranque: 4020</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>510 a 700</td><td>19</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 510</td><td>15</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	510 a 700	19	10	60 a 510	15	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P22-P23</p> <p>106(123)</p> <p>Arm. Long.: 4020 Arranque: 4020</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>510 a 700</td><td>19</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 510</td><td>15</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	510 a 700	19	10	60 a 510	15	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
510 a 700	19	10																																																																													
60 a 510	30	15																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
520 a 700	18	10																																																																													
60 a 520	23	20																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
520 a 700	18	10																																																																													
60 a 520	16	30																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
510 a 700	19	10																																																																													
60 a 510	15	30																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
510 a 700	19	10																																																																													
60 a 510	15	30																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
<p>P24</p> <p>106(103)</p> <p>Arm. Long.: 8020 Arranque: 8020</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>520 a 700</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 520</td><td>16</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	520 a 700	18	10	60 a 520	16	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P25</p> <p>108(125)</p> <p>Arm. Long.: 4025+4020 Arranque: 4025+4020</p> <p>Estribos: 08</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>515 a 700</td><td>19</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>16</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	515 a 700	19	10	60 a 515	16	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P26</p> <p>106(103)</p> <p>Arm. Long.: 4020 Arranque: 4020</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>520 a 700</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>16</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	520 a 700	18	10	60 a 515	16	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P27</p> <p>106(142)</p> <p>Arm. Long.: 8012 Arranque: 8012</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>520 a 700</td><td>18</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>31</td><td>15</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	520 a 700	18	10	60 a 515	31	15	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P28</p> <p>106(143)</p> <p>Arm. Long.: 4020+4012 Arranque: 4020+4012</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>500 a 700</td><td>20</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 500</td><td>30</td><td>15</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	500 a 700	20	10	60 a 500	30	15	0 a 60	10	6	Arranque	3	-
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
520 a 700	18	10																																																																													
60 a 520	16	30																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
515 a 700	19	10																																																																													
60 a 515	16	30																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
520 a 700	18	10																																																																													
60 a 515	16	30																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
520 a 700	18	10																																																																													
60 a 515	31	15																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
500 a 700	20	10																																																																													
60 a 500	30	15																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
<p>P29</p> <p>208(48) 108(145)</p> <p>Arm. Long.: 4025+12020 Arranque: 4025+12020</p> <p>Estribos: 08</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>500 a 700</td><td>20</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 500</td><td>15</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	500 a 700	20	10	60 a 500	15	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P30</p> <p>108(145)</p> <p>Arm. Long.: 4025 Arranque: 4025</p> <p>Estribos: 08</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>500 a 700</td><td>20</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 500</td><td>15</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	500 a 700	20	10	60 a 500	15	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P31=P35</p> <p>106(102)</p> <p>Arm. Long.: 4012 Arranque: 4012</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>530 a 700</td><td>17</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 520</td><td>31</td><td>15</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	530 a 700	17	10	60 a 520	31	15	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P32=P34</p> <p>106(122)</p> <p>Arm. Long.: 4016 Arranque: 4016</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>515 a 700</td><td>19</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>23</td><td>20</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	515 a 700	19	10	60 a 515	23	20	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P33</p> <p>108(125)</p> <p>Arm. Long.: 4025+4016 Arranque: 4025+4016</p> <p>Estribos: 08</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>515 a 700</td><td>19</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>23</td><td>20</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	515 a 700	19	10	60 a 515	23	20	0 a 60	10	6	Arranque	3	-
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
500 a 700	20	10																																																																													
60 a 500	15	30																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
500 a 700	20	10																																																																													
60 a 500	15	30																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
530 a 700	17	10																																																																													
60 a 520	31	15																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
515 a 700	19	10																																																																													
60 a 515	23	20																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
515 a 700	19	10																																																																													
60 a 515	23	20																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
<p>P41</p> <p>108(105)</p> <p>Arm. Long.: 4025 Arranque: 4025</p> <p>Estribos: 08</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>530 a 700</td><td>17</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>16</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	530 a 700	17	10	60 a 515	16	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P42=P44</p> <p>106(102)</p> <p>Arm. Long.: 8016 Arranque: 8016</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>530 a 700</td><td>17</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 530</td><td>24</td><td>20</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	530 a 700	17	10	60 a 530	24	20	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P43</p> <p>106(103)</p> <p>Arm. Long.: 4020+4012 Arranque: 4020+4012</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>510 a 700</td><td>19</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 510</td><td>30</td><td>15</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	510 a 700	19	10	60 a 510	30	15	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P45</p> <p>108(105)</p> <p>Arm. Long.: 4025 Arranque: 4025</p> <p>Estribos: 08</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>530 a 700</td><td>17</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>16</td><td>30</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	530 a 700	17	10	60 a 515	16	30	0 a 60	10	6	Arranque	3	-	<p>P46</p> <p>106(102)</p> <p>Arm. Long.: 4016 Arranque: 4016</p> <p>Estribos: 06</p> <table><tr><th>Intervalo (cm)</th><th>N°</th><th>Separación (cm)</th></tr><tr><td>530 a 700</td><td>17</td><td>10</td></tr><tr><td>60 a 515</td><td>23</td><td>20</td></tr><tr><td>0 a 60</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>Arranque</td><td>3</td><td>-</td></tr></table>	Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)	530 a 700	17	10	60 a 515	23	20	0 a 60	10	6	Arranque	3	-
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
530 a 700	17	10																																																																													
60 a 515	16	30																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
530 a 700	17	10																																																																													
60 a 530	24	20																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
510 a 700	19	10																																																																													
60 a 510	30	15																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
530 a 700	17	10																																																																													
60 a 515	16	30																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)																																																																													
530 a 700	17	10																																																																													
60 a 515	23	20																																																																													
0 a 60	10	6																																																																													
Arranque	3	-																																																																													

En la siguiente página se adjunta la planta de estructuras con un esquema de las armaduras del forjado:

# PLANTA DE ESTRUCTURA